Renni Diastuti

BUKU SEKOLAH ELEKTRONIK
bse

BIOLOGI

Untuk SMA/MA Kelas XI

2



PUSAT PERBUKUAN
Departemen Pendidikan Nasional

Biologi

untuk SMA/MA Kelas XI

2

Renni Diastuti

PUSAT PERBUKUAN
Departemen Pendidikan Nasional

Hak Cipta Pada Departemen Pendidikan Nasional
Dilindungi Undang-undang

Biologi

untuk SMA/MA Kelas XI

2

Penyusun : Renni Diastuti
Editor Ahli : Paidi
Perancang Kulit dan Isi : Tim CV Sindhunata

Ukuran Buku : 21 x 29,7 cm
Coreldraw 12, dan Adobe Photoshop CS
Font isi: Palatino 11 pt dan Arial

574.07
REN RENNI Diastuti
b Biologi 2: untuk SMA/MA Kelas X /penulis, Renni Diastuti : editor, Paidi . -- Jakarta : Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional, 2009.
vii, 298 hlm, : ilus. ; 29,7 cm

Bibliografi : hlm. 298
Indeks
ISBN 978-979-068-831-5 (no jilid lengkap)
ISBN 978-979-068-838-4

1. Biologi-Studi dan Pengajaran I. Judul
II. Paidi

Hak Cipta Buku ini dibeli oleh Departemen Pendidikan Nasional dari Penerbit CV Sindunata

Diterbitkan oleh Pusat Perbukuan
Departemen Pendidikan Nasional
Tahun 2009

Diperbanyak oleh

Kata Sambutan

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, berkat rahmat dan karunia-Nya, Pemerintah, dalam hal ini, Departemen Pendidikan Nasional, pada tahun 2009, telah membeli hak cipta buku teks pelajaran ini dari penulis/penerbit untuk disebarluaskan kepada masyarakat melalui situs internet (*website*) Jaringan Pendidikan Nasional.

Buku teks pelajaran ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan dan telah ditetapkan sebagai buku teks pelajaran yang memenuhi syarat kelayakan untuk digunakan dalam proses pembelajaran melalui Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 27 Tahun 2007 tanggal 25 Juli 2007.

Kami menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada para penulis/penerbit yang telah berkenan mengalihkan hak cipta karyanya kepada Departemen Pendidikan Nasional untuk digunakan secara luas oleh para siswa dan guru di seluruh Indonesia.

Buku-buku teks pelajaran yang telah dialihkan hak ciptanya kepada Departemen Pendidikan Nasional ini, dapat diunduh (*down load*), digandakan, dicetak, dialihmediakan, atau difotokopi oleh masyarakat. Namun, untuk penggandaan yang bersifat komersial harga penjualannya harus memenuhi ketentuan yang ditetapkan oleh Pemerintah. Diharapkan bahwa buku teks pelajaran ini akan lebih mudah diakses sehingga siswa dan guru di seluruh Indonesia maupun sekolah Indonesia yang berada di luar negeri dapat memanfaatkan sumber belajar ini.

Kami berharap, semua pihak dapat mendukung kebijakan ini. Kepada para siswa kami ucapkan selamat belajar dan manfaatkanlah buku ini sebaik-baiknya. Kami menyadari bahwa buku ini masih perlu ditingkatkan mutunya. Oleh karena itu, saran dan kritik sangat kami harapkan.

Jakarta, Juni 2009
Kepala Pusat Perbukuan

Kata Pengantar

Puji dan syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas rahmat dan karunia-Nya atas diterbitkannya buku Biologi untuk SMA/MA Kelas XI.

Di era globalisasi yang ditandai dengan perkembangan lingkungan, iptek, serta sosial budaya diharapkan pendidikan mampu menghasilkan siswa sebagai peserta didik yang bermutu. Hasil pendidikan yang bermutu adalah siswa yang sehat, mandiri, berbudaya, berakhlak mulia, beretos kerja, berpengetahuan, dan menguasai teknologi, serta cinta tanah air.

Merupakan hal yang penting bagi siswa mampu menemukan, minimal satu wilayah kemampuan dari berbagai jenis kecerdasan yang ada. Faktor pendukung seperti buku ajar sebagai salah satu indikator penting dalam pendidikan perlu diprioritaskan demi tercapainya hasil belajar yang optimal.

Melalui buku Biologi untuk SMA/MA Kelas XI yang disusun sesuai dengan standar isi BSNP (Badan Standar Nasional Pendidikan) yang telah ditetapkan melalui Peraturan Menteri No. 22 tahun 2006 diharapkan output dari pendidikan nasional mempunyai keunggulan yang kompetitif serta memiliki kecakapan hidup dan sosial.

Akhirnya segala kritik dan saran demi kesempurnaan buku ini akan kami terima dengan hati terbuka. Semoga buku ini bermanfaat.

Surakarta, Juni 2007

Penyusun

Diunduh dari BSE.Mahoni.com

Daftar Isi

Halaman Judul **i**
Copyright **ii**
Kata Sambutan **iii**
Kata Pengantar **iv**
Daftar Isi **v**

Bab 1 Sel

A. Pendahuluan 3
B. Teori Sel 3
C. Struktur dan Fungsi Bagian-Bagian Sel 4
D. Macam-Macam Sel 10
E. Transpor Molekul Melalui Membran 18
Uji Kompetensi 26

Bab 2 Jaringan

A. Pendahuluan 33
B. Jaringan Tumbuhan 33
C. Jaringan Hewan 50
Uji Kompetensi 59

Bab 3 Sistem Gerak pada Manusia

A. Pendahuluan 65
B. Kerangka Tubuh Manusia 65
C. Otot Manusia 77
D. Gangguan dan Kelainan pada Sistem Gerak 82
Uji Kompetensi 88

Bab 4 Sistem Sirkulasi

A. Pendahuluan 93
B. Organ Penyusun Sistem Peredaran Darah 93

C. Sistem Peredaran Darah Manusia 105
D. Sistem Limfatik atau Peredaran Getah Bening 107
E. Sistem Kekebalan Tubuh 109
F. Gangguan pada Sistem Peredaran Darah dan Kekebalan Tubuh 112
Uji Kompetensi 118
Latihan Ulangan Semester 1 123

Bab 5 Sistem Pencernaan

A. Pendahuluan 133
B. Zat Makanan 133
C. Sistem Pencernaan Makanan 142
D. Gangguan Sistem Pencernaan 152
E. Sistem Pencernaan Hewan Ruminansia 154
Uji Kompetensi 158

Bab 6 Sistem Pernapasan

A. Pendahuluan 165
B. Sistem Pernapasan Manusia 165
C. Alat Pernapasan pada Hewan 177
Uji Kompetensi 183

Bab 7 Sistem Ekskresi

A. Pendahuluan 189
B. Sistem Ekskresi Manusia 189
C. Alat Ekskresi pada Hewan 198
Uji Kompetensi 201

Bab 8 Sistem Regulasi

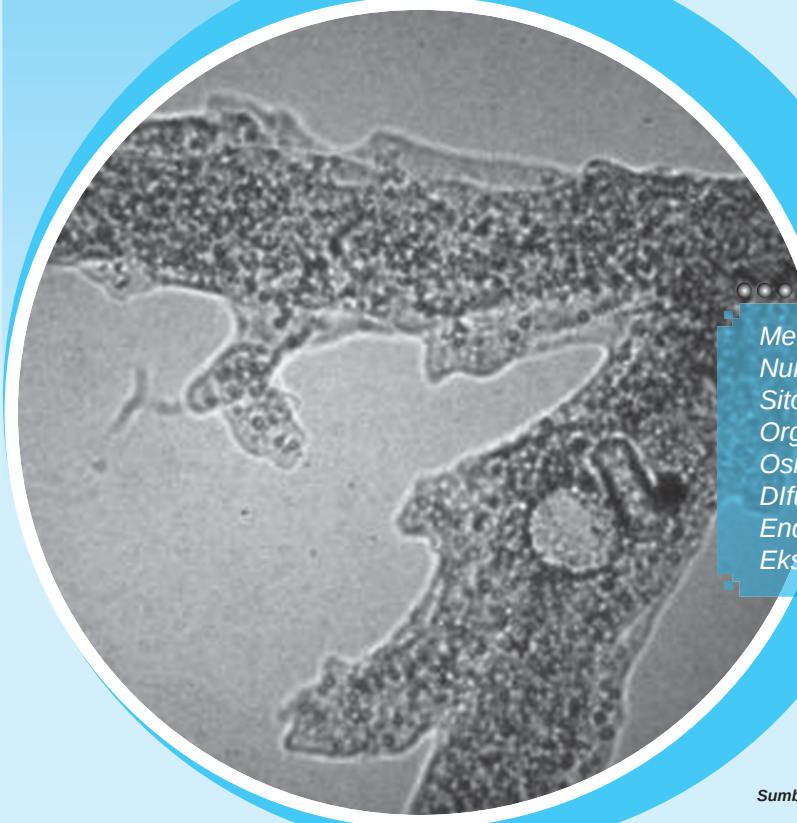
A. Pendahuluan 207
B. Sistem Saraf 207
C. Hormon 222
D. Sistem Indra 227
Uji Kompetensi 244

Bab 9 Sistem Reproduksi

A. Pendahuluan 249
B. Reproduksi Manusia 249
C. Kontrasepsi 268
D. Gangguan pada Sistem Reproduksi 268
Uji Kompetensi 271
Latihan Ulangan Semester 2 275
Glosarium 283
Indeks 290
Daftar Pustaka 298

Bab 1

Sel



Kata-Kata Kunci

Membran
Nukleus
Sitoplasma
Organel
Osmosis
DIfusi
Endositosis
Eksositosis

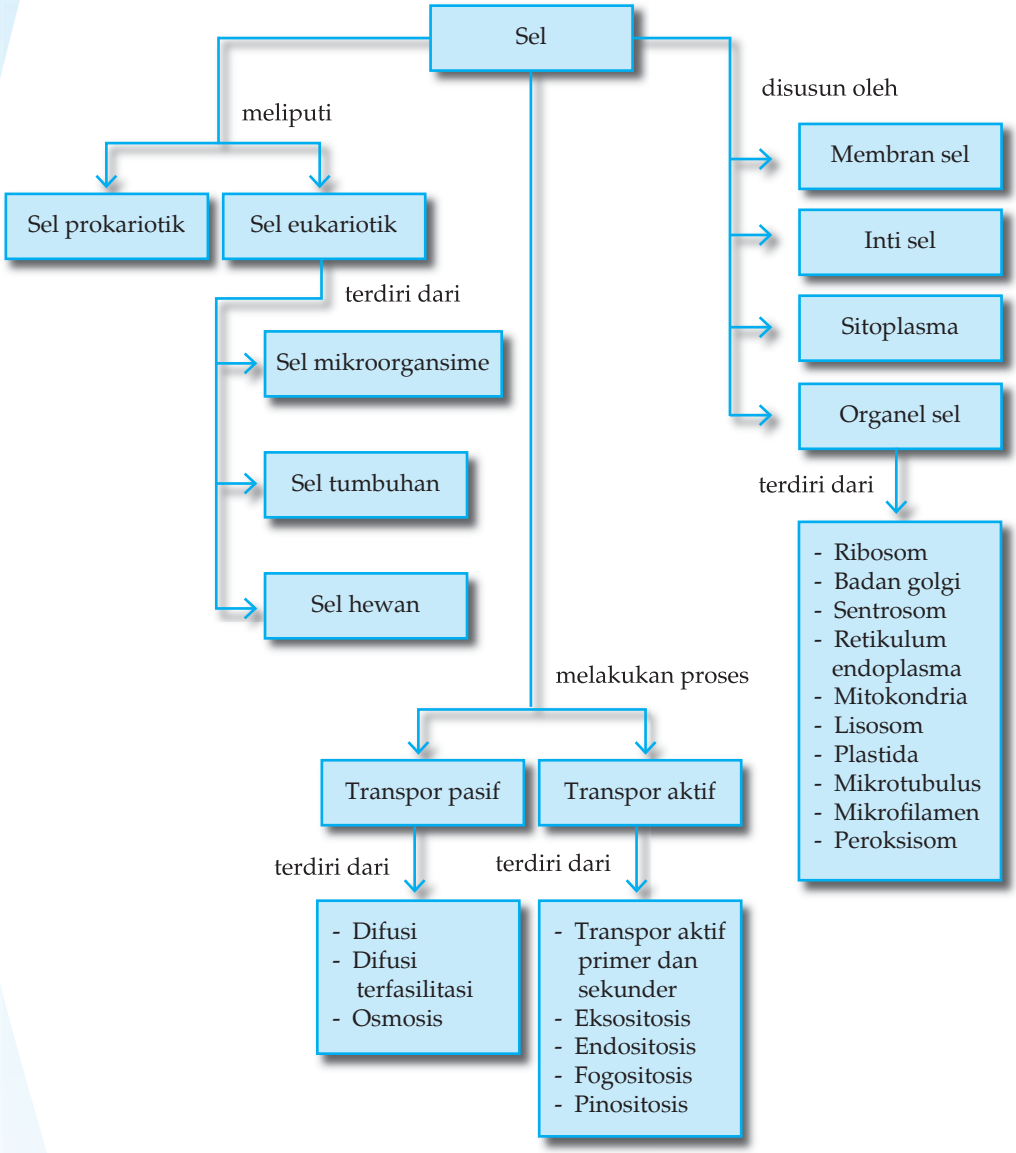
Sumber: *Microsoft Encarta, 2005.*

Sel merupakan bagian yang mendasar pada ilmu biologi. Hal ini seperti atom dalam ilmu kimia. Sel merupakan kumpulan organel-organel yang memiliki fungsi dan dapat hidup. Bukti bahwa sel merupakan unit yang hidup adalah adanya organisme bersel tunggal. Bagaimana sebenarnya sel menjalankan prosesnya? Apa yang menyebabkan sel dapat menjalankan proses tersebut?

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi yang terdapat dalam bab ini diharapkan siswa mampu memahami bahwa sel merupakan unit kehidupan terkecil yang memiliki struktur dan fungsi untuk menjalankan proses kehidupan.

Peta Konsep


Sel
meliputi
Sel prokariotik
Sel eukariotik
terdiri dari
Sel mikroorgansime
Sel tumbuhan
Sel hewan
disusun oleh
Membran sel
Inti sel
Sitoplasma
Organel sel
terdiri dari
- Ribosom
- Badan golgi
- Sentrosom
- Retikulum endoplasma
- Mitokondria
- Lisosom
- Plastida
- Mikrotubulus
- Mikrofilamen
- Peroksisom
melakukan proses
Transpor pasif
Transpor aktif
terdiri dari
terdiri dari
- Difusi
- Difusi terfasilitasi
- Osmosis
- Transpor aktif primer dan sekunder
- Eksositosis
- Endositosis
- Fogositosis
- Pinositosis

A. Pendahuluan

Manusia telah diciptakan Tuhan dengan bentuk yang dapat beradaptasi dengan lingkungannya. Namun, dapatkah kalian membayangkan bagaimana kalau tubuh kita diuraikan menjadi bagian-bagian yang sangat kecil? Dalam ilmu biologi hal semacam ini menjadi bahan kajian yang menarik. Dalam biologi pula diketahui bahwa bahan dasar penyusun organisme adalah sel.

Seseorang yang mengamati sel secara sepintas di laboratorium akan melihat benda yang berwujud begitu sederhana. Sebenarnya, masing-masing sel dalam tubuh kita bagaikan kota metropolitan yang tidak henti-hentinya disibukkan oleh berbagai jenis kegiatan.

Sebagaimana layaknya kota metropolitan, setiap sel memiliki ratusan ribu buah generator tenaga dan pabrik bahan bakar, sistem transportasi, jaringan komunikasi yang rumit, dan sistem penghancur maupun pembuangan sampah. Sel juga memiliki pabrik mutakhir yang menghasilkan beraneka ragam produk. Untuk mengoperasikan pabrik ini dibutuhkan sistem impor untuk memasukkan bahan baku tertentu dari luar sel serta sistem ekspor untuk mengirimkan produk jadi yang akan digunakan sel lainnya.

Di dalam sel terdapat juga sistem pertahanan dan keamanan lingkungan yang melindunginya dari ancaman yang datang dari luar. Di samping itu ada juga sistem pemerintahan yang mengatur kerja sel.

Sel merupakan unit organisasi terkecil yang menjadi dasar kehidupan dalam arti *biologis*. Semua fungsi kehidupan diatur dan berlangsung di dalam sel. Untuk melakukan fungsinya sel telah dilengkapi dengan berbagai organel.

B. Teori Sel

Penelitian menunjukkan bahwa satuan unit terkecil dari kehidupan adalah Sel. Kata *sel* itu sendiri dikemukakan oleh **Robert Hooke** (1635 – 1703) yang berarti *kotak-kotak kosong*, setelah ia mengamati sayatan gabus dengan mikroskop.

Selanjutnya disimpulkan bahwa sel terdiri dari kesatuan zat yang dinamakan protoplasma. Istilah protoplasma pertama kali dipakai oleh **Johannes Purkinje**. Menurut Johannes Purkinje protoplasma dibagi menjadi dua bagian yaitu sitoplasma dan nukleoplasma.

Schwann dan **Schleiden** (1838), menyatakan bahwa tumbuhan dan hewan mempunyai persamaan, yaitu tubuhnya tersusun oleh sel-sel. Selanjutnya, teori tersebut dikembangkan menjadi suatu teori sebagai berikut:

- Sel merupakan satuan struktural terkecil organisme hidup.
- Sel merupakan satuan fungsional terkecil organisme hidup.
- Sel berasal dari sel dan organisme tersusun oleh sel.

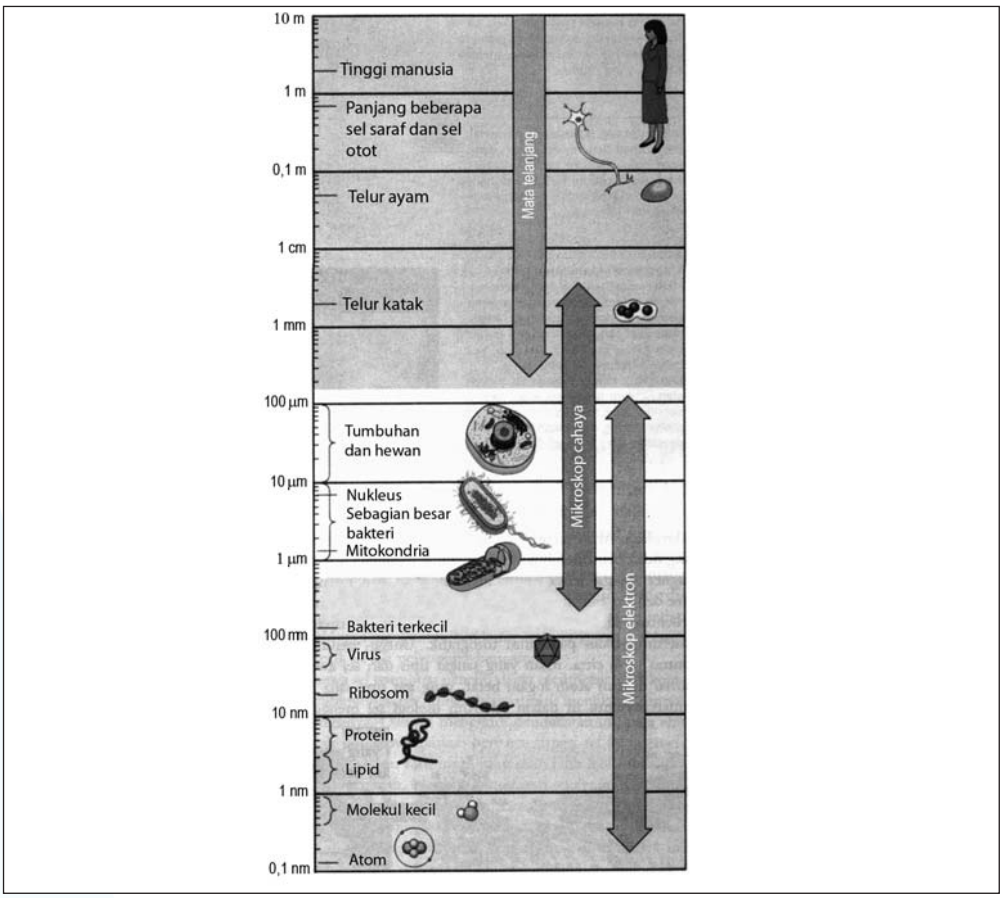
Semua sel hidup melakukan aktivitas metabolisme. Material secara konstan datang dan keluar dari sel. Informasi genetik dari inti dikirim

ke sitoplasma, protein serta substansi lain dirombak, kemudian disintesis oleh organel-organel sel. Sel juga melakukan respirasi untuk menghasilkan energi.

C. Struktur dan Fungsi Bagian-Bagian Sel

Sel merupakan unit terkecil kehidupan. Kehidupan dimulai di dalam sel. Sel adalah suatu pabrik yang di dalamnya dapat disintesis ribuan molekul yang sangat dibutuhkan oleh organisme. Ukuran sel bervariasi tergantung fungsinya. Bentuk sel juga tergantung fungsinya. Garis tengah sel bervariasi antara 1 – 100 µm. Sel paling besar adalah sel telur angsa, sedangkan sel terpanjang adalah sel otot dan sel saraf. Perhatikan kisaran ukuran sel pada gambar 1.1. Berdasarkan jumlah sel penyusunnya, maka organisme dibedakan menjadi organisme uniseluler (terdiri atas satu sel, misalnya *bakteri*, *Archaea*, serta sejumlah *fungi* dan *Protozoa*) dan multiseluler (terdiri atas banyak sel). Pada organisme multiseluler terjadi pembagian tugas terhadap sel-sel penyusunnya.

Sel yang hidup mempunyai struktur yang sama, yaitu: membran sel/ membran plasma, inti sel (*nukleus*), sitoplasma, dan organel sel.



Sumber: *Campbell et al, Biologi Jilid 1, 2006, Hal. 113.*

Gambar 1.1 *Kisaran ukuran sel.*

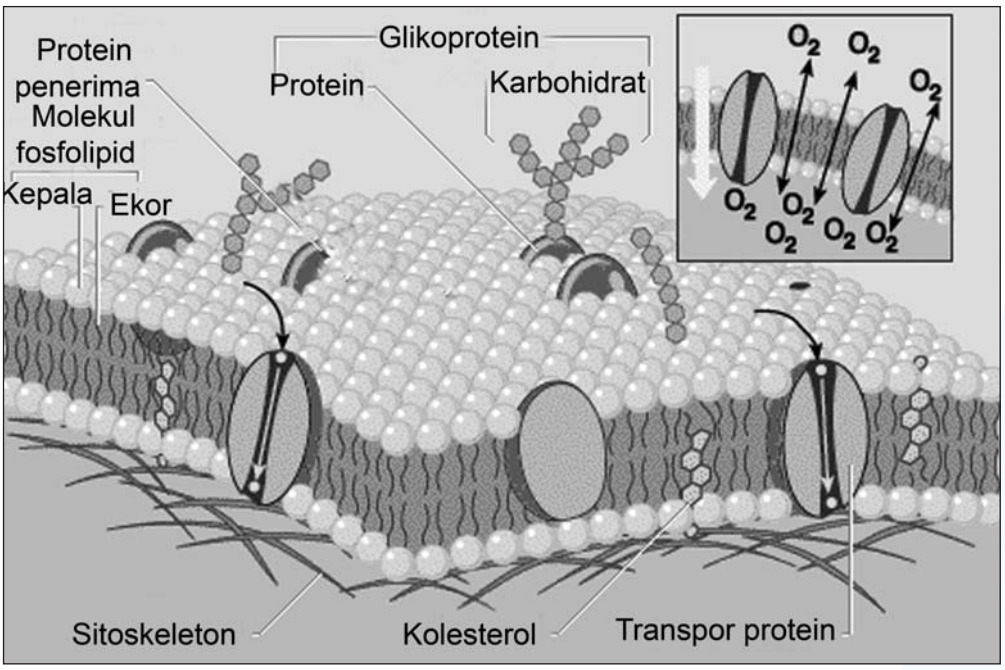
1. *Membran Sel/Membran Plasma*

Membran sel adalah selaput yang terletak paling luar dan tersusun dari senyawa kimia *lipoprotein* (gabungan dari senyawa lemak atau lipid dengan senyawa protein). Membran sel disebut juga membran plasma atau selaput plasma.

Lemak bersifat *hidrofobik* karena tidak larut dalam air, sedangkan protein bersifat *hidrofilik* karena larut dalam air. Oleh karena itu, selaput plasma bersifat *selektif permeabel* (hanya dapat memasukkan/dilewati molekul tertentu saja) atau *semipermeabel*. Membran sel membatasi segala kegiatan yang terjadi di dalam sel sehingga tidak mudah terganggu oleh pengaruh dari luar. Perhatikan gambar 1.2. Pada sel tumbuhan, membran sel dalam keadaan normal melekat pada *dinding sel* akibat tekanan *turgor* dari dalam sel.

Fungsi dari membran sel ini adalah sebagai pintu gerbang yang dilalui zat, baik menuju atau meninggalkan sel. Khusus pada sel tumbuhan, selain mempunyai selaput plasma masih ada satu struktur lagi yang letaknya di luar selaput plasma yang disebut *dinding sel*. Umumnya dinding sel tersusun dari dua lapis senyawa selulosa, di antara kedua lapisan selulosa tadi terdapat rongga yang dinamakan lamela tengah yang dapat terisi oleh zat-zat penguat seperti *lignin*, *kitin*, *pektin*, *suberin*, dan lain-lain.

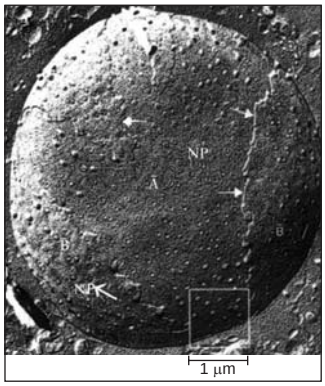
Selain itu, pada dinding sel tumbuhan kadang-kadang terdapat celah yang disebut *noktah*. Pada noktah/pit sering terdapat penjuluran sitoplasma yang disebut *plasmodesma* yang berfungsi menghubungkan sel satu dengan yang lain.



Sumber: *Microsoft Encarta, 2005.*

Gambar 1.2 *Membran plasma.*

2. *Inti Sel (Nukleus)*



Sumber: *Campbell et al, Biologi Jilid 1, 2006, Hal. 121.*

***Gambar 1.3** Permukaan selubung nukleus.*

Nukleus bertugas mengontrol kegiatan yang terjadi di sitoplasma. Di dalam nukleus terdapat kromosom yang berisi *DNA* yang merupakan cetak biru bagi pembentukan berbagai *protein* terutama enzim. Enzim diperlukan dalam menjalankan berbagai fungsi di sitoplasma. Inti sel terdiri dari bagian-bagian yaitu:

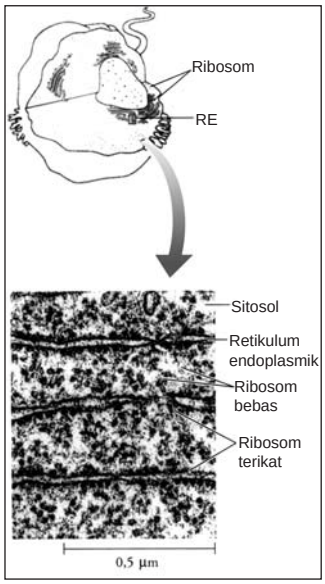
- Selaput inti (karioteka),
- Nukleoplasma (kariolimfa),
- Kromatin/kromosom,
- Nukleolus (anak inti).

Fungsi dari inti sel adalah mengatur semua aktivitas (kegiatan) sel, karena di dalam inti sel terdapat kromosom yang berisi DNA untuk mengatur sintesis protein.

3. *Sitoplasma dan Organel Sel*

Bagian yang cair dalam sel dinamakan sitoplasma, khusus untuk cairan yang berada dalam inti sel dinamakan *nukleoplasma*. Fungsi utama kehidupan berlangsung di sitoplasma. Hampir semua kegiatan *metabolisme* berlangsung di dalam ruangan berisi cairan kental ini. Di dalam sitoplasma terdapat organel-organel yang melayang-layang dalam cairan kental (merupakan koloid, namun tidak homogen) yang disebut *matriks*. Organel menjalankan banyak fungsi kehidupan seperti *sintesis bahan*, *respirasi* (perombakan), penyimpanan, serta reaksi terhadap rangsang. Sebagian besar proses di dalam sitoplasma diatur secara *enzimatik*.

Penyusun utama dari sitoplasma adalah air (90%), berfungsi sebagai pelarut zat-zat kimia serta sebagai media terjadinya reaksi kimia sel. Organel sel adalah benda-benda yang terdapat di dalam sitoplasma dan bersifat hidup serta menjalankan fungsi-fungsi kehidupan. Organel Sel tersebut antara lain ribosom, retikulum endoplasma, mitokondria, lisosom, badan golgi, sentrosom, plastida, vakuola, mikrotubulus, mikrofilamen, dan peroksisom.



Sumber: *Campbell et al, Biologi Jilid 1, 2006, Hal. 122.*

***Gambar 1.4** Ribosom.*

a. *Ribosom (ergastoplasma)*

Struktur ini berbentuk bulat terdiri dari dua partikel besar dan kecil, ada yang melekat sepanjang retikulum endoplasma dan ada pula yang soliter atau bebas. Ribosom merupakan organel sel terkecil di dalam sel. Fungsi dari ribosom adalah tempat sintesis protein. Struktur ini hanya dapat dilihat dengan mikroskop elektron.

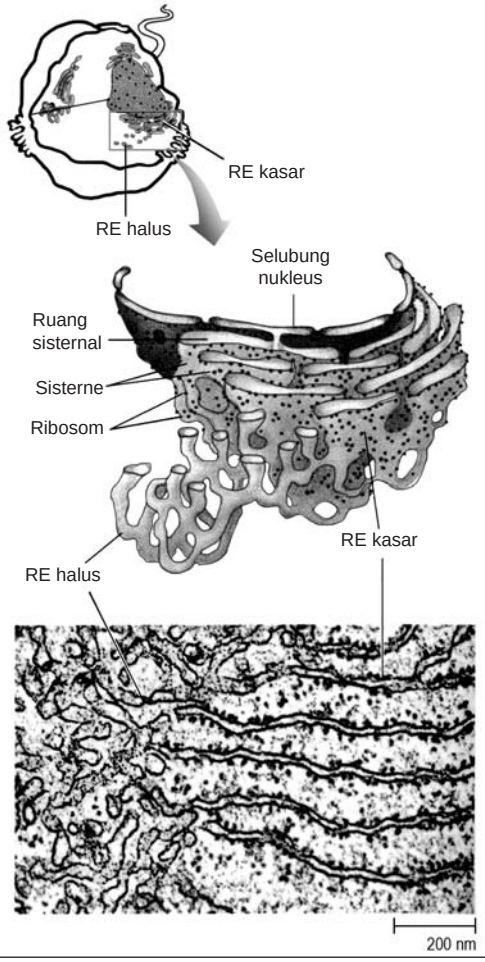
b. Retikulum endoplasma (RE)

Retikulum endoplasma yaitu struktur berbentuk benang-benang yang bermuara di inti sel.

Dikenal dua jenis retikulum endoplasma, yaitu:

- Retikulum endoplasma granuler (retikulum endoplasma kasar). RE kasar tampak kasar karena ribosom menonjol di permukaan sitoplasmik membran.
- Retikulum endoplasma agranuler (retikulum endoplasma halus). RE halus diberi nama demikian karena permukaan sitoplasmanya tidak mempunyai ribosom.

Fungsi retikulum endoplasma adalah sebagai alat transportasi zat-zat di dalam sel itu sendiri. Struktur retikulum endoplasma hanya dapat dilihat dengan mikroskop elektron.

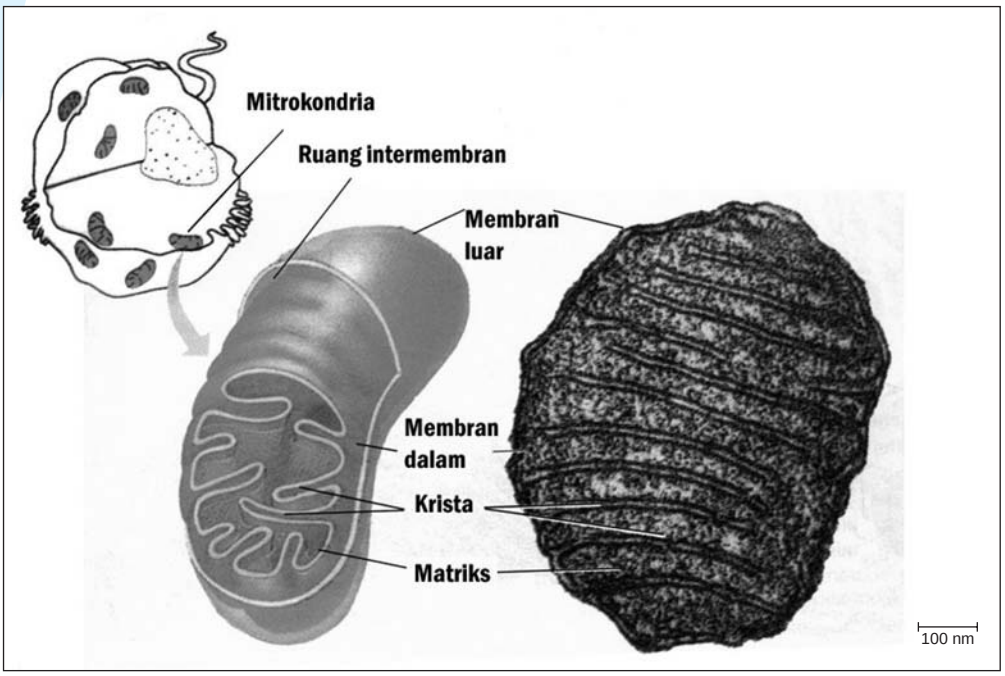


Sumber: *Campbell et al, Biologi Jilid 1, 2006, Hal. 122.*

***Gambar 1.5** Struktur retikulum endoplasma.*

c. Mitokondria (the power house)

Struktur mitokondria berbentuk seperti cerutu ini, mempunyai dua lapis membran. Lapisan dalamnya berlekuk-lekuk dan dinamakan *krista*. Perhatikan gambar 1.6.



Sumber: *Campbell et al, Biologi Jilid 1, 2006, Hal. 127.*

Gambar 1.6 *Struktur mitokondria.*

Fungsi mitokondria adalah sebagai pusat respirasi seluler yang menghasilkan banyak energi ATP. Respirasi merupakan proses perombakan atau *katabolisme* untuk menghasilkan *energi* atau tenaga bagi berlangsungnya proses hidup, karena itu mitokondria diberi julukan *the power house* (pembangkit tenaga) bagi sel. Secara garis besar, tahap respirasi pada tumbuhan dan hewan melewati jalur yang sama, yang dikenal sebagai daur atau *siklus Krebs* yang berlangsung di dalam mitokondria.

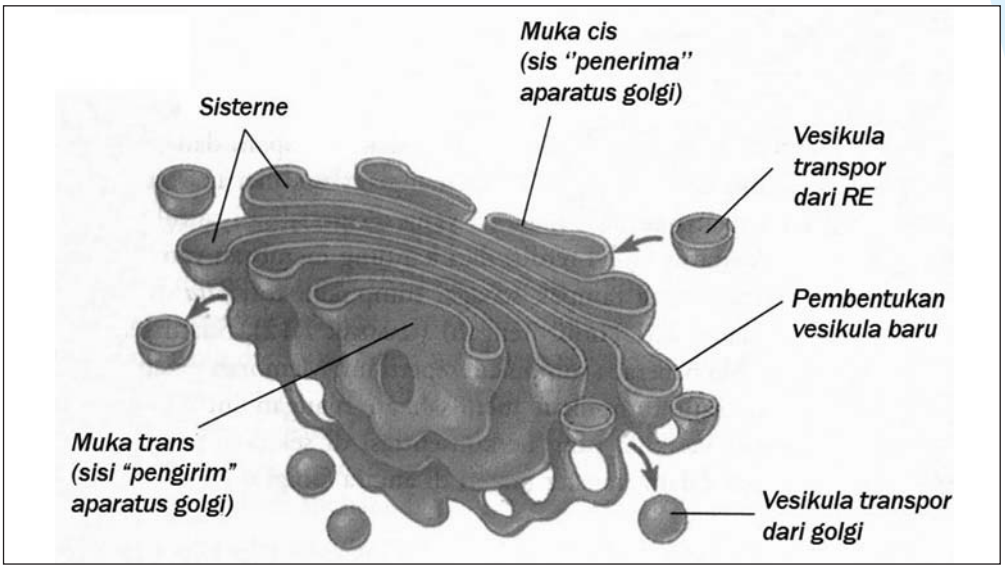
d. Lisosom

Fungsi dari organel ini adalah sebagai penghasil dan penyimpan enzim pencernaan seluler. Contohnya enzim lisozim, yang berfungsi untuk menghancurkan struktur sel, misalnya dinding sel.

e. Badan golgi (aparatus golgi/diktiosom)

Badan golgi terdiri dari kantung membran yang pipih (sisterne) yang tampak sebagai tumpukan pita. Kedua permukaan tumpukan membran pipih (sisterne) disebut sebagai muka cis dan muka trans. Perhatikan gambar 1.7. Muka cis berfungsi sebagai penerima vesikula transpor dari RE, sedangkan muka trans berfungsi mengirim vesikula transpor. Vesikula transpor adalah bentuk transfer dari protein yang disintesis RE. Apabila protein ini tidak

dikeluarkan oleh badan golgi, maka akan disimpan di dalam sel sebagai lisosom.Badan golgi berhubungan dengan fungsi menyortir dan mengirim produk sel. Badan golgi berperan penting dalam sel-sel yang secara aktif terlibat dalam sekresi. Organel ini banyak dijumpai pada organ tubuh yang melaksanakan fungsi ekskresi, misalnya ginjal.



Sumber: *Campbell et al, Biologi Jilid 1, 2006, Hal. 124.*

***Gambar 1.7** Badan golgi.*

f. Sentrosom (sentriol)

Struktur sentrosom berbentuk bintang yang berfungsi dalam pembelahan sel baik mitosis maupun meiosis. Sentrosom bertindak sebagai benda kutub yang merupakan tempat melekatnya ujung benang gelendong pada kedua kutub tersebut. Struktur ini hanya dapat dilihat dengan menggunakan mikroskop elektron.

g. Plastida

Plastida berperan dalam *fotosintesis*. Plastida adalah bagian dari sel yang bisa ditemui pada alga dan tumbuhan (kingdom *plantae*). Plastida dapat dilihat dengan mikroskop cahaya biasa. Dikenal tiga jenis plastida, yaitu:

1) Leukoplas

Plastida jenis ini berwarna putih berfungsi sebagai penyimpan makanan, terdiri atas:

- Amiloplas, berfungsi untuk menyimpan amilum.
- Elaioplas (lipidoplas), berfungsi untuk menyimpan lemak/minyak.
- Proteoplas, berfungsi untuk menyimpan protein.

2) Kloroplas

Kloroplas adalah plastida berwarna hijau. Plastida ini berfungsi menghasilkan klorofil dan sebagai tempat berlangsungnya fotosintesis.

3) *Kromoplas*

Kromoplas merupakan plastida yang mengandung pigmen, misalnya:

- Karoten (kuning).
- Fikosianin (biru).
- Fikosantin (cokelat).
- Fikoeritrin (merah).

h. Vakuola (rongga sel)

Beberapa ahli tidak memasukkan vakuola sebagai organel sel karena tidak menjalankan sebuah fungsi tertentu secara aktif. Benda ini dapat dilihat dengan mikroskop cahaya biasa. Selaput pembatas antara vakuola dengan sitoplasma disebut *tonoplas*. Vakuola berisi:

- garam-garam organik
- glikosida
- tanin (zat penyamak)
- minyak eteris (misalnya *jasmine* pada melati, *roseine* pada mawar, *zingiberine* pada jahe)
- alkaloid (misalnya kafein, kinin, nikotin, likopersin, dan lain-lain)
- enzim
- butir-butir pati

Pada beberapa spesies dikenal adanya vakuola kontraktil dan vakuola non kontraktil.

i. Mikrotubulus

Mikrotubulus berbentuk benang silindris dan kaku. Mikrotubulus berfungsi untuk mempertahankan bentuk sel dan sebagai rangka sel. Contoh organel ini antara lain benang-benang gelendong pembelahan. Selain itu mikrotubulus berguna dalam pembentukan sentriol, flagela, dan silia.

j. Mikrofilamen

Mikrofilamen seperti mikrotubulus, tetapi lebih lembut. Terbentuk dari komponen utamanya yaitu protein aktin dan miosin (seperti pada otot). Mikrofilamen berperan dalam pergerakan sel.

k. Peroksisom (badan mikro)

Peroksisom ukurannya sama seperti lisosom. Organel ini senantiasa berasosiasi dengan organel lain, dan banyak mengandung enzim *oksidase* dan *katalase* (banyak disimpan dalam sel-sel hati).

D. Macam-Macam Sel

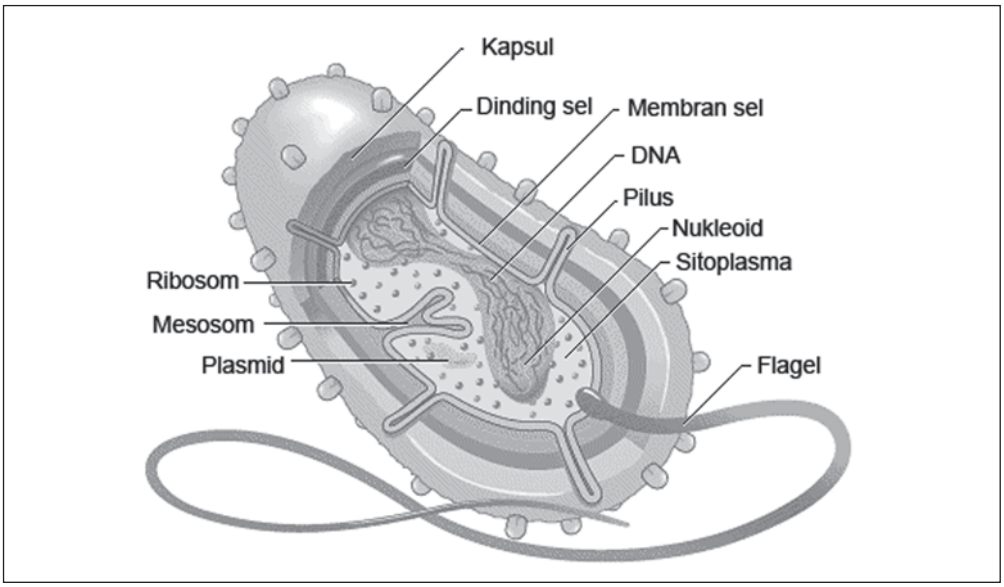
Bentuk dan ukuran sel bermacam-macam, tergantung pada tempat dan fungsi dari jaringan yang disusunnya. Organel di dalam sel mempunyai fungsi yang berbeda satu sama lainnya. Berdasarkan ada tidaknya dinding/selaput inti, maka sel dibedakan menjadi dua yaitu:

1. Struktur Sel Prokariotik

Sel prokariotik tidak mempunyai membran inti dan sistem endomembran seperti retikulum endoplasma dan kompleks golgi. Selain itu, tidak memiliki mitokondria dan kloroplas. Sel prokariotik terdapat pada bakteri dan alga biru, dengan ciri-ciri sebagai berikut:

- Sitoplasma dan materi genetik bercampur, sehingga materi inti tidak dibatasi oleh membran inti melainkan hanya mengumpul pada daerah yang disebut nukleoid.
- Bahan gen (DNA) terdapat dalam sitoplasma berbentuk cincin bulat.
- Tidak dijumpai badan golgi, mitokondria, dan retikulum endoplasma (RE), tetapi dijumpai adanya ribosom.
- Tidak mempunyai organel lain selain ribosom.

Sel ada dua macam yaitu:
- Sel prokariotik
- Sel eukariotik



Sumber: *Microsoft Encarta, 2005.*

Gambar 1.8 *Struktur bakteri prokariotik.*

2. Struktur Sel Eukariotik

Sel eukariotik memiliki membran nukleus dan sistem endomembran. Ciri-ciri sel eukariotik adalah sebagai berikut:

- Sitoplasma dan nukleoplasma terpisah.
- Bahan gen di dalam inti.
- Mempunyai organel seperti golgi, mitokondria, retikulum endoplasma, ribosom, dan kloroplas pada tumbuhan.
- Bahan gen (DNA) seperti pita ganda dan tersusun spiral saling melilit (double helix).

Tabel 1.1 Perbedaan Struktur Sel Organisme Prokariot dan Eukariot

Organel/Bagian Sel	Prokariot	Eukariot
Inti sel	Tanpa membran/selaput disebut nukleoid	Selaput inti ada, disebut inti sel (nukleus)
Penutup sel	Berupa kapsul (fungsi berbeda dengan dinding sel pada tumbuhan)	Tidak ada pada hewan, pada tumbuhan ada dinding sel
Retikulum endoplasma	Tidak ada	Ada
Badan golgi	Tidak ada	Ada
Mitokondria	Tidak ada	Ada
Lisosom-sentriol	Tidak ada	Ada
Ribosom	Ada pada sitoplasma	Ada (pada sitoplasma dan retikulum endoplasma)
DNA (bahan gen)	Berbentuk cincin bercampur dengan sitoplasma	Berbentuk pita spiral ganda (double helix) terdapat pada inti, mitokondria, dan kloroplas (pada tumbuhan)

Ada dua macam sel eukariotik yang mempunyai materi penyusun relatif berbeda, yaitu sel hewan dan sel tumbuhan. Struktur dasar sel tumbuhan dan sel hewan adalah sama. Tetapi sel tumbuhan dan sel hewan memiliki sedikit perbedaan yang dikarenakan perbedaan kebutuhan diantara keduanya. Beberapa perbedaan antara lain pada tumbuhan terdapat dinding sel, vakuola, dan plastida, sedangkan pada sel hewan tidak dijumpai. Pada sel hewan terdapat sentriol dan lisosom.

a. Sel tumbuhan

1) *Dinding sel*

Dinding sel tipis dan berlapis-lapis. Lapisan dasar yang terbentuk pada saat pembelahan sel terutama adalah pektin, zat yang membuat agar-agar mengental. Lapisan inilah yang merekatkan sel-sel yang berdekatan. Setelah pembelahan sel, setiap sel baru membentuk dinding dalam dari serat selulosa. Dinding ini terentang selama sel tumbuh serta menjadi tebal dan kaku setelah tumbuhan dewasa.

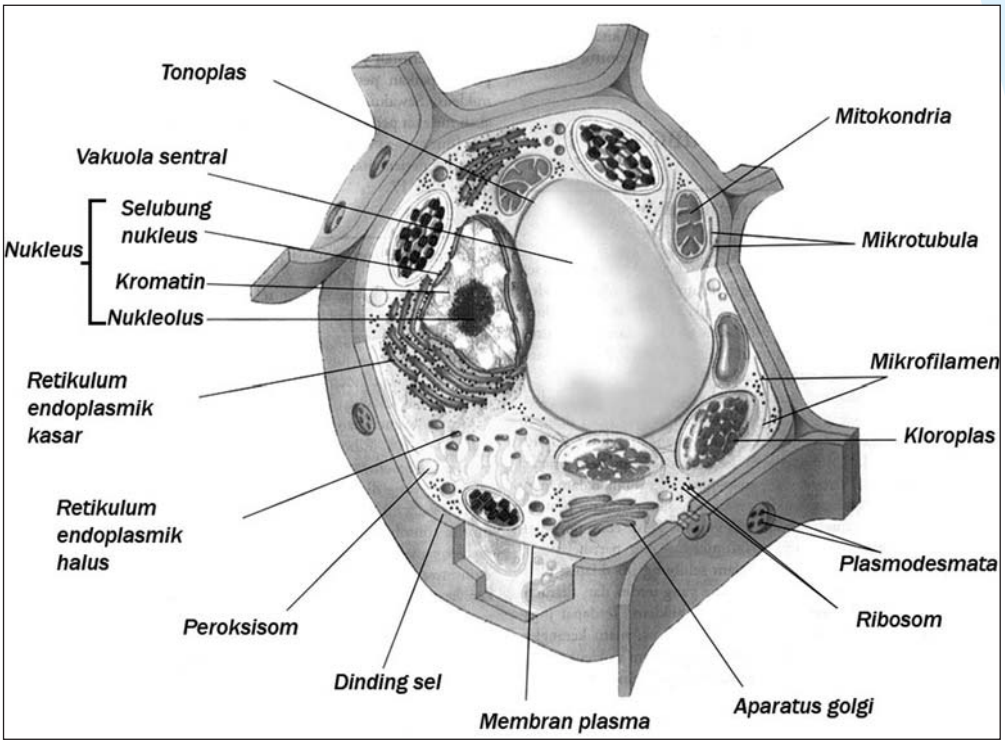
2) *Vakuola*

Vakuola atau rongga sel adalah suatu rongga atau kantung berisi cairan yang dikelilingi oleh membran. Pada sel tumbuhan, khususnya pada sel parenkim dan kolenkim dewasa memiliki vakuola tengah berukuran besar yang dikelilingi oleh membran *tonoplas*.

Fungsi vakuola:

- Memasukkan air melalui tonoplas untuk membangun turgor sel.
- Adanya pigmen antosian memberikan kemungkinan warna cerah yang menarik pada bunga, pucuk daun, dan buah.

- Kadangkala vakuola tumbuhan mengandung enzim hidrolitik yang dapat bertindak sebagai lisosom waktu sel masih hidup.
- Menjadi tempat penimbunan sisa-sisa metabolisme.
- Tempat penyimpanan zat makanan.



Sumber: *Campbell et al, Biologi Jilid 1, 2006, Hal. 119.*

Gambar 1.9 *Sel tumbuhan.*

3) *Plastida*

Plastida merupakan organel yang hanya ditemukan pada sel tumbuhan berupa butir-butir yang mengandung pigmen atau zat warna. Plastida dapat dibedakan menjadi 3, yaitu:

a) *Leukoplas*

Leukoplas adalah plastida yang berwarna putih atau tidak berwarna. Umumnya leukoplas terdapat pada organ tumbuhan yang tidak terkena sinar matahari dan berguna untuk menyimpan cadangan makanan.

Berdasarkan fungsinya, leukoplas dibedakan menjadi tiga macam, yaitu:

- *Amiloplas*, yaitu leukoplas yang berfungsi membentuk dan menyimpan amilum.
- *Elaioplas*, yaitu leukoplas yang berfungsi untuk membentuk dan menyimpan lemak.
- *Proteoplas*, yaitu leukoplas yang berfungsi menyimpan protein.

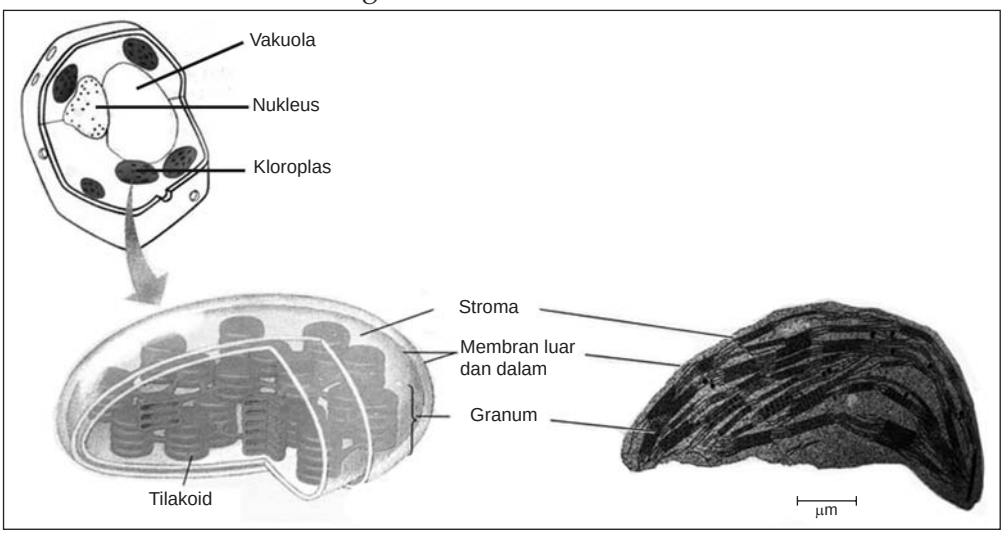
b) *Kloroplas*

Kloroplas adalah benda terbesar dalam sitoplasma sel tumbuhan.

Kloroplas banyak terdapat pada daun dan organ tumbuhan lain yang berwarna hijau. Kloroplas yang berkembang dalam sel daun dan batang yang berwarna hijau mengandung pigmen yang berwarna hijau atau klorofil. Klorofil berfungsi menyerap energi cahaya matahari untuk melangsungkan proses fotosintesis dan mengubahnya menjadi energi kimia dalam bentuk glukosa. Kloroplas memperbanyak diri dengan memisahkan diri secara bebas dari pembelahan inti sel. Klorofil dibedakan menjadi bermacam-macam, antara lain:

- klorofil a menampilkan warna hijau biru,
- klorofil b menampilkan warna hijau kuning,
- klorofil c menampilkan warna hijau cokelat,
- klorofil d menampilkan warna hijau merah.

Kloroplas disusun oleh sistem membran yang membentuk kantung-kantung pipih yang disebut tilakoid. Tilakoid tersebut tersusun bertumpuk yang membentuk struktur yang disebut grana (tunggal, granum). Cairan di luar tilakoid disebut stroma. Dengan demikian di dalam kloroplas terdapat dua ruangan yaitu ruang tilakoid dan stroma. Perhatikan gambar 1.10.



Sumber: *Campbell et al, Biologi Jilid 1, 2006, Hal. 128.*

Gambar 1.10 *Kloroplas.*

c) *Kromoplas*

Kromoplas adalah plastida yang memberikan warna yang khas bagi masing-masing tumbuhan. Perbedaan warna pada kromoplas disebabkan oleh perbedaan pigmen yang dikandungnya. Pigmen-pigmen tersebut antara lain:

- *karoten*, menimbulkan warna merah kekuningan, misalnya pada wortel
- *xantofil*, menimbulkan warna kuning pada daun yang sudah tua
- *fikosianin*, memberikan warna biru pada ganggang
- *fikosantin*, memberikan warna cokelat pada ganggang
- *fikoeritrin*, memberikan warna merah pada ganggang

Kegiatan 1.1

Mengamati Struktur Sel Bawang

Tujuan: untuk mengenal struktur sel epidermis pada bawang merah.

Alat dan Bahan

1. Mikroskop
2. Kaca preparat
3. Kaca penutup
4. Jarum bedah
5. Kertas pengisap
6. Pinset
7. Pipet tetes
8. Bawang merah
9. Yodium/betadine

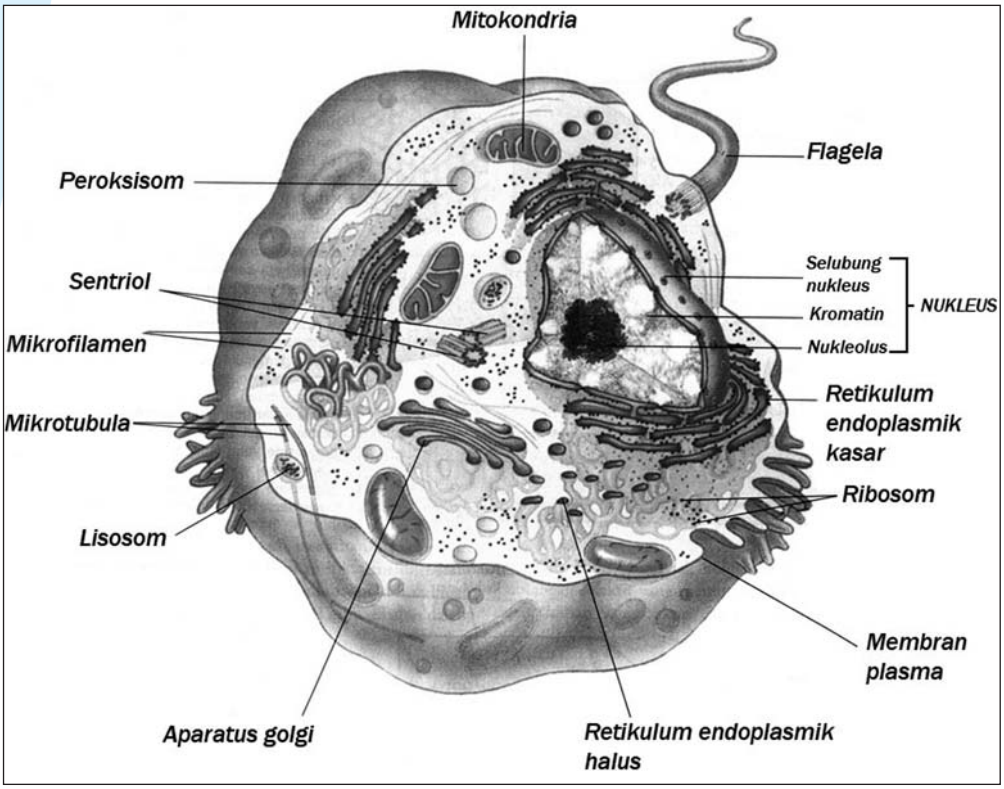
Langkah Kerja

1. Buatlah kelompok yang terdiri dari lima orang!
2. Kupas lapisan epidermis yaitu siung dari bawang merah menggunakan pisau dan pinset! Hati–hati menggunakan pisau!
3. Letakkan di atas kaca preparat, tetesi dengan setetes air, tutup dengan kaca penutup! Gunakan jarum bedah agar tidak timbul gelembung udara pada preparat!
4. Perhatikan sel epidermis dengan bantuan mikroskop secara bergantian dengan kelompokmu!
5. Teteskan setetes larutan yodium untuk mewarnai sel dengan menggunakan teknik pengairan!
6. Gambar dan beri warna bagian–bagian sel seperti dinding sel, membran sel, sitoplasma, nukleus, dan vakuola sel!
7. Diskusikan pertanyaan-pertanyaan berikut dengan kelompok kalian!

Pertanyaan

1. Bagaimanakah bentuk dan warna sel epidermis bawang merah yang sedang kalian amati?
2. Organel apa saja yang dapat diamati pada sel epidermis bawang merah dalam percobaan ini?
3. Termasuk sel hidup atau sel matikah sel-sel tersebut?

b. Sel hewan



Sumber: *Campbell et al, Biologi Jilid 1, 2006, Hal. 128.*

Gambar 1.11 *Sel hewan.*

Berbeda dengan sel tumbuhan, sel hewan tidak mempunyai dinding sel. Protoplasma hanya dilindungi oleh selaput yang tipis sehingga bentuk selnya relatif tidak tetap. Ada beberapa sel hewan yang selnya dilindungi oleh cangkang yang kuat dan keras, misalnya pada *Euglena* dan *Radiolaria*. Vakuola pada hewan umumnya berukuran kecil.

Kegiatan 1.2

Mengamati Struktur Sel Mukosa Pipi Manusia

Tujuan: untuk mengenal struktur sel mukosa pipi pada manusia.

Alat dan Bahan

1. *Cotton bud*/pembersih telinga
2. Mikroskop, kaca preparat, kaca penutup
3. Jarum pentul
4. Pipet tetes
5. Larutan metilen biru

Langkah Kerja

1. Buatlah kelompok yang terdiri dari 5 orang!
2. Koreklah bagian dalam pipi salah satu teman kelompok kalian menggunakan *cotton bud*, kemudian oleskan di atas kaca preparat! Hati–hati usahakan jangan sampai kapas pada cotton bud tertinggal pada kaca preparat!
3. Teteskan dua tetes larutan metilen biru di atas olesan *cotton bud*, tutup dengan kaca penutup!
4. Amati dengan bantuan mikroskop!
5. Diskusikan pertanyaan-pertanyaan berikut dengan kelompokmu!

Pertanyaan

1. Bagaimana bentuk dan susunan sel pipi yang kalian amati?
2. Dapatkah kalian mengamati nukleus sel pipi pada percobaan tersebut?
3. Bagaimana bentuk umum sel itu?
4. Gambar dan tuliskan bagian–bagian sel yang sedang kalian amati, misalnya membran sel, sitoplasma, protoplasma, dan nukleus!
5. Jelaskan persamaan dan perbedaan yang terdapat pada sel bawang dengan sel mukosa pipi!

Tabel 1.2. Perbedaan Antara Sel Tumbuhan dan Sel Hewan

Komponen	Sel Tumbuhan	Sel Hewan
Ukuran	Sel tumbuhan lebih besar daripada sel hewan.	Sel hewan lebih kecil daripada sel tumbuhan.
Bentuk	Tetap	Tidak tetap
Dinding sel	Ada	Tidak ada
Plastida	Ada	Tidak ada
Lisosom	Tidak ada	Ada (untuk pencernaan makanan secara pinositosis/fagositosis)
Sentriol	Tidak ada	Ada
Badan golgi	Diktiosom	Badan golgi
Vakuola	Pada sel muda kecil dan banyak, pada sel dewasa tunggal dan besar	Tidak mempunyai vakuola, walaupun terkadang beberapa sel hewan uniseluler memiliki vakuola yang berukuran kecil baik pada sel muda maupun sel dewasa

Komponen	Sel Tumbuhan	Sel Hewan
Flagela/silia	Tidak ada	Ada tetapi tidak semua
Klorofil	Ada	Tidak ada

Tabel 1.3. Organel dan Fungsinya pada Sel Eukariotik

No.	Organel	Fungsi
1.	Inti sel	Sintesis DNA dan RNA, berkumpulnya subunit ribosom pada anak inti, mengendalikan seluruh aktivitas sel
2.	Ribosom	Sintesis polipeptida (protein)
3.	Retikulum endoplasma kasar	Sintesis membran protein dan sekresi protein, pembentukan vesikel transpor
4.	Retikulum endoplasma halus	Sintesis lipid, metabolisme karbohidrat dan detoksifikasi pada sel-sel liver, menyimpan ion Ca pada sel otot
5.	Badan golgi	Modifikasi, penyimpan sementara, transpor makromolekul, pembentukan vesikel transpor
6.	Lisosom	Mencerna bahan makanan dan bahan asing serta merusak organel
7.	Mikrobodi	Berbagai macam proses pemecahan H_2O_2, fotorespirasi, dan proses biokimia lainnya
8.	Vakuola	Seperti lisosom, mencerna makanan hanya pada vakuola, menyimpan makanan, dan memperbesar sel
9.	Kloroplas (tumbuhan dan beberapa Protista)	Konversi energi cahaya menjadi energi kimia (gula)
10.	Mitokondria	Konversi energi kimia dari makanan menjadi energi kimia ATP
11.	Sitoskeleton (termasuk mikrotubulus, mikrofilamen, dan filamen intermedia)	Mengatur/menjaga bentuk sel, tempat melekatnya organel-organel, gerakan organel dalam sel, dan gerakan sel
12	Dinding sel	Menjaga bentuk sel, penyokong, proteksi permukaan, dan ikatan antarsel dalam jaringan

E. Transpor Molekul Melalui Membran

Tahukah kalian lingkungan di mana sel-sel itu hidup? Lingkungan suatu sel selamanya berupa cairan. Namun, hal ini tidak begitu terlihat jelas pada organisme-organisme multiseluler seperti pohon dan manusia. Sel-sel pada organisme multiseluler dikelilingi cairan yang disebut cairan ekstra sel (CES).

CES memiliki komponen utama air. CES menyediakan molekul atau ion yang diperlukan suatu sel. CES juga menampung hasil atau limbah yang dihasilkan sel.

Lalu, bagaimanakah cara sel memperoleh molekul atau ion? Sel akan melakukan transpor molekul. Transpor molekul dilakukan sel melalui membran sel yang bersifat selektif permiabel. Artinya, membran sel dapat dilewati molekul tertentu sesuai yang dikehendakinya. Transpor molekul pada sel terjadi karena adanya perbedaan konsentrasi cairan antara ruang di dalam sel dengan cairan ekstra sel. Inilah yang disebut dengan g*radien konsentrasi*.

Transpor molekul melalui membran dapat terjadi secara pasif (transpor pasif) dan dapat pula terjadi secara aktif (transpor aktif). Transpor pasif merupakan transpor yang tidak memerlukan energi, meliputi difusi, difusi terfasilitasi, dan osmosis. Transpor aktif adalah transpor melalui membran dengan melawan kecenderungan alami yaitu melawan gradien konsentrasi dengan menggunakan energi ATP. Transpor melalui membran jenis lain adalah endositosis dan eksositosis.

Prinsip-prinsip dasar transpor melalui membran adalah setiap molekul memiliki kecenderungan untuk menempati ruang secara merata. Molekul pada konsentrasi tinggi memiliki tekanan yang lebih besar dan setiap molekul mempunyai kecenderungan untuk selalu bergerak karena mengandung energi kinetik. Dengan demikian secara alami terdapat kecenderungan molekul pada konsentrasi tinggi bergerak ke konsentrasi rendah.

1. Transpor Pasif

a. Difusi

Difusi dapat diartikan perpindahan zat (padat, cair, dan gas) dari larutan konsentrasi tinggi (hipertonis) ke larutan dengan konsentrasi rendah (hipotenis). Dengan kata lain setiap zat akan berdifusi menuruni gradien konsentrasinya. Hasil dari difusi adalah konsentrasi yang sama antara larutan tersebut dinamakan *isotonis*.

Kecepatan zat berdifusi melalui membran sel tidak hanya tergantung pada gradien konsentrasi, tetapi juga pada besar, muatan, dan daya larut dalam lemak (lipid). Membran sel kurang permeabel terhadap ion-ion (Na^+, Cl^-, K^+) dibandingkan dengan molekul kecil yang tidak bermuatan. Dalam keadaan yang sama molekul kecil lebih cepat berdifusi melalui membran sel daripada molekul besar.

Molekul-molekul yang bersifat hidrofobik dapat bergerak dengan mudah melalui membran daripada molekul-molekul hidrofolik. Molekul-molekul yang besar dan ion dapat bergerak melalui membran.

b. Difusi terfasilitasi

Difusi terfasilitasi melibatkan difusi dari molekul polar dan ion melewati membran dengan bantuan protein transpor. Protein transpor merupakan

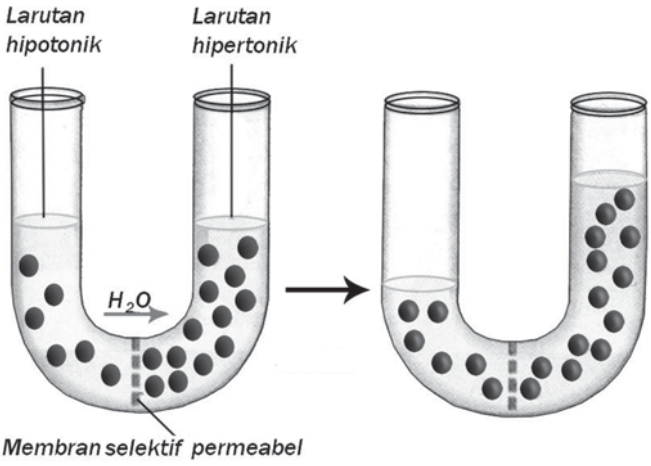
protein khusus yang menyediakan suatu ikatan fisik bagi molekul yang sedang bergerak. Protein transpor juga merentangkan membran sel sehingga menyediakan suatu mekanisme untuk pergerakan molekul. Difusi terfasilitasi juga merupakan transpor pasif karena hanya mempercepat proses difusi dan tidak merubah arah gradien konsentrasi.

c. Osmosis

Osmosis merupakan difusi air melalui selaput *semipermeabel*. Air akan bergerak dari daerah yang mempunyai konsentrasi larutan rendah ke daerah yang mempunyai konsentrasi larutan tinggi. Tekanan osmosis dapat diukur dengan suatu alat yang disebut *osmometer*. Air akan bergerak dari daerah dengan tekanan osmosis rendah ke daerah dengan tekanan osmosis tinggi. Sel akan mengerut jika berada pada lingkungan yang mempunyai konsentrasi larutan lebih tinggi. Hal ini terjadi karena air akan keluar meninggalkan sel secara osmosis. Sebaliknya jika sel berada pada lingkungan yang hipotonis (konsentrasi rendah) sel akan banyak menyerap air, karena air berosmosis dari lingkungan ke dalam sel. Jika sel-sel tersebut adalah sel tumbuhan, maka akan terjadi *tekanan turgor* apabila dalam lingkungan hipotonis. Sebaliknya jika sel tumbuhan berada pada lingkungan hipertonis, dapat mengalami *plasmolisis* yaitu terlepasnya sel dari dinding sel.

Tindak Lanjut

Osmosis merupakan difusi air melalui selaput semipermeabel. Hal ini berarti ada zat yang dapat masuk ke sel dan adapula zat yang tidak dapat masuk ke sel. Carilah informasi dari internet, buku, atau surat kabar tentang zat-zat tersebut, kemudian tuliskan pada buku tugas! Kumpulkan hasilnya pada guru kalian!



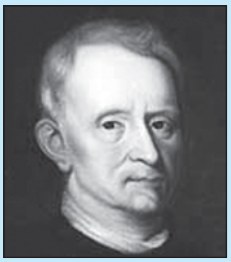
Sumber: *Campbell et al, Biologi Jilid 1, 2006, Hal. 149.*

Gambar 1.12 *Model terjadinya proses osmosis.*

Profil

Robert Hooke

Robert Hooke (1635 – 1703), ilmuwan Inggris yang terkenal dengan teori elastisitas. Lahir di Pulau Wight, belajar di Oxford. Mendampingi Robert Boyle ahli fisika sebagai asistennya, membantunya dalam kontruksi pompa air. Tahun 1662 dia ditunjuk sebagai kepala penelitian Royal Society sampai dia wafat. Dia terpilih sebagai Partner Royal Society di tahun 1663 dan ditunjuk sendiri oleh Gresham ahli geometri di Oxford. Kontribusi terbesar Hooke adalah rumusan teori *clasticiti*.Dia juga sebagai pelopor dalam penelitian mikroskopik, dan mengemukakan observasinya, termasuk penemuan sel tumbuhan.



www.discover.edventures.com.

Sumber: Microsoft Encarta, 2005.

2. *Transpor Aktif*

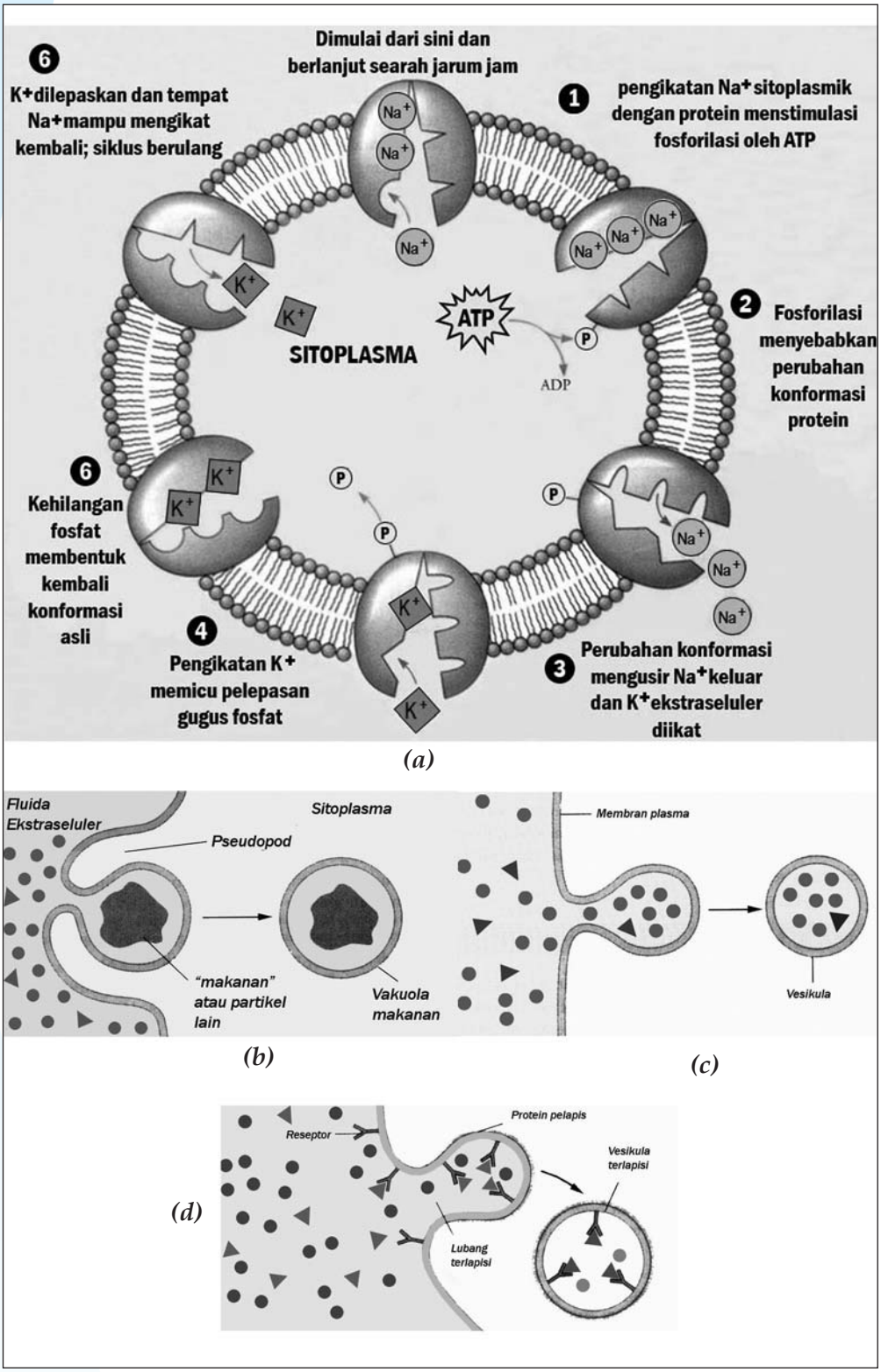
Pada transpor aktif diperlukan energi dari dalam sel untuk melawan gradien konsentrasi. Transpor aktif sangat diperlukan untuk memelihara keseimbangan molekul-molekul di dalam sel. Sumber energi untuk transpor aktif adalah ATP (adenosin trifosfat).

Transpor aktif primer dan sekunder

Transpor aktif primer membutuhkan energi dalam bentuk ATP, sedangkan transpor aktif sekunder memerlukan transpor yang tergantung pada potensial membran. Kedua jenis transpor tersebut saling berhubungan erat karena transpor aktif primer akan menciptakan potensial membran dan ini memungkinkan terjadinya transpor aktif sekunder.

Transpor aktif primer dicontohkan pada keberadaan ion K^+ dan Na^+ dalam membran. Kebanyakan sel memelihara konsentrasi K^+ lebih tinggi di dalam sel daripada di luar sel. Sementara konsentrasi Na^+ di dalam sel lebih kecil daripada di luar sel.

Transpor aktif sekunder dicontohkan pada asam amino dan glukosa dengan molekul pengangkutannya berupa protein transpor khusus. Pengangkutan tersebut bersama dengan pengangkutan Na^+ untuk berdifusi ke dalam sel. Pengangkutan Na^+ adalah transpor aktif primer yang memungkinkan terjadinya *pontensial membran*, sehingga asam amino dan glukosa dapat masuk ke dalam sel.



Sumber: *Campbell et al, Biologi Jilid 1, 2006, Hal. 152 dan 155.*

Gambar 1.13 *(a) Proses transpor aktif. (b) Fagositosis, (c) Pinositosis, (d) Endositosis.*

3. Endositosis dan Eksositosis

a. Eksositosis

Eksositosis dapat diartikan, keluarnya zat dari dalam sel. Vesikel dari dalam sel berisi senyawa atau sisa metabolisme. Bersama aliran plasma, vesikel tersebut akhirnya sampai pada membran dan terjadilah perlekatan. Daerah perlekatan akan mengalami lisis dan isi vesikel keluar.

b. Endositosis

Endositosis merupakan proses pemasukan zat dari luar sel ke dalam sel. Partikel-partikel dari luar sel menempel pada membran kemudian mendesak membran sehingga terjadilah lekukan yang semakin lama semakin dalam bentuknya seperti kantung dan akhirnya menjadi bulat lalu terlepas dari membran. Bulatan tersebut berisi partikel, lalu akan dicerna oleh lisosom/ enzim pencerna yang lain. Endositosis memiliki dua macam bentuk yaitu pinositosis dan fagositosis. Pinositosis merupakan proses pemasukan zat ke dalam sel yang berupa cairan. Hal ini sesuai dengan arti *pino* sendiri yaitu minum. Sedangkan fagositosis (fago = makan) merupakan pemasukan zat padat atau sel lainnya ke dalam tubuh sel. Sesuai dengan artinya, peristiwa ini seperti sel memakan zat lain. Perhatikan gambar 1.13.

1) *Pinositosis*

Bahan pada membran plasma reseptor akan menempel sehingga terjadi lekukan. Lekukan lama-kelamaan semakin dalam dan membentuk kantung. Kantung yang terlepas akan berada dalam sitoplasma. Kantung ini disebut *gelembung pinositosis*. Gelembung pinositosis akan mengerut dan pecah menjadi gelembung kecil-kecil kemudian bergabung menjadi gelembung yang lebih besar.

2) *Fagositosis*

Fagositosis merupakan proses penelanan partikel-partikel makanan dan sel-sel asing, misalnya pada *Amoeba* dan sel-sel darah putih. Makanan atau partikel lain akan menempel pada membran, lalu membran akan membentuk lekukan. Membran akan menutup dan membentuk kantung, lalu kantung melepaskan diri.

Kegiatan 1.3

Permeabilitas Membran Sel (Pengaruh Suhu dan Pelarut)

Tujuan: mengamati pengaruh perlakuan fisik (suhu) dan kimia (jenis pelarut) terhadap permeabilitas membran sel.

Alat dan Bahan

1. Pelubang gabus berdiameter 0,5 cm
2. Bunsen/pemanas listrik

3. Tabung reaksi bertutup ulir (10 buah; diameter 2,5 cm)
4. Gelas kimia atau wadah tahan panas
5. Umbi kunyit/bit gula
6. Metanol
7. Aseton
8. Akuades

Langkah Kerja

1. Buatlah kelompok dengan teman-teman kalian!
2. Buat 10 silinder umbi kunyit dengan diameter 0,5 cm dan panjang 2,0 cm menggunakan pelubang gabus! Jika tidak tersedia pelubang gabus, dapat dibuat potongan persegi atau kubus, dengan panjang sisi 1 cm.
3. Cuci dengan air mengalir untuk menghilangkan pigmen yang ada pada permukaan silinder!

Perlakuan Fisik (Suhu)

4. Celupkan masing-masing dua potong silinder umbi kunyit/bit gula ke dalam akuades bersuhu 70°, 50°, dan 40° C selama 1 menit! Silinder umbi langsung dipindahkan ke dalam 5 ml akuades bersuhu kamar dan biarkan terendam dalam keadaan statis selama 1 jam!

Perlakuan dengam Pelarut Organik

5. Rendam dua potong silinder umbi kunyit/bit gula dalam 5 ml metanol, dan dua potong lainnya direndam dalam 5 ml aseton, masing-masing selama 30-40 menit pada suhu kamar!

Kontrol

6. Masukkan dua potong silinder umbi kunyit/bit gula dalam akuades dan diamkan dalam suhu kamar dalam waktu yang sama!

Analisis

7. Diakhir perendaman, semua perlakuan dan kontrol, tabung dikocok dan amati perbedaan warna pada masing-masing perlakuan! Tulis hasil pengamatan kelompok kalian seperti pada tabel pengamatan! Bagaimana interpretasi kalian tentang perbedaan warna pada masing-masing perlakuan?

Tabel Pengamatan
Hasil pengamatan perlakukan fisik dan kimia terhadap umbi kunyit/bit gula

Perlakuan		Warna Larutan
Fisik (Suhu)	40^0 C	
	50^0 C	
	70^0 C	
Pelarut Organik	Metanol	
	Hexan	
Kontrol	Akuades	

Bio Eksplorasi

Kekompleksan Sel

Sel merupakan sistem dengan desain paling rumit paling kompleks dan paling indah yang pernah disaksikan oleh manusia. Profesor biologi **Michael Denton**, di dalam bukunya bertajuk Evolution: A Theory in Crisis, menjelaskan kekompleksan ini dengan satu contoh:

"Untuk memahami realitas kehidupan seperti yang telah diungkapkan biologi molekuler, kita perlu memperbesar sebuah sel seratus juta kali sehingga diameternya mencapai 20 kilometer dan menyerupai raksasa, yang cukup besar untuk menutup sebuah kota seperti London atau New York. Apa yang akan kita lihat kemudian ialah sebuah objek yang mempunyai kerumitan yang tiada tandingan dan desain yang adaptif. Di permukaan sel ini kita akan mendapati berjuta-juta lubang, seperti lubang-lubang pangkalan sebuah pesawat induk angkasa, ia terbuka dan tertutup untuk memjaga aliran materi masuk dan keluar. Bila, kita dapat memasuki lubang ini, kita akan mendapati diri kita berada di dalam sebuah dunia yang berteknologi tinggi dan kompleks yang mencengangkan. Inilah sebuah kompleksitas di luar jangkauan kreativitas kita, suatu realitas yang berlawanan dengan kebetulan, yang dalam segala hal melampaui semua yang dihasilkan kecerdasan manusia..."

Seorang ahli matematika dan astronomi Inggris, **Sir Fred Hoyle** telah melakukan perbandingan di dalam satu wawancara dengannya yang telah disiarkan dalam majalah Nature, pada tanggal 12 November 1981. Walaupun, beliau adalah seorang evolusionis tetapi beliau menegaskan bahwa peluang untuk munculnya makhluk hidup tingkat tinggi terbentuk dengan cara kebetulan adalah seperti tornado yang meluncur cepat sehingga berhasil merakit bahan-bahan di sekelilingnya untuk membentuk sebuah Boeing 747. Ini berarti, adalah mustahil untuk sebuah sel terbentuk secara kebetulan, oleh itu, pasti ia telah diciptakan.

Sumber: *Harun Yahya, Keruntuhan Teori Evolusi, 2004.*

Setelah membaca uraian tersebut jawablah pertanyaan berikut ini!

1. Menurut pendapat kalian benarkah teori evolusi yang menyatakan makhluk hidup pertama yang muncul adalah makhluk hidup bersel satu kemudian disusul makhluk hidup yang lebih kompleks?
2. Berikan pendapat atas jawaban kalian tersebut!

Rangkuman

1. Sel merupakan unit terkecil dari kehidupan.
2. Struktur sel meliputi membran sel, inti sel, sitoplasma, dan organel sel.
3. Membran sel tersusun atas lipoprotein dan bersifat selektif permrabel.
4. Organel sel meliputi ribosom, retikulum endoplasma, mitokondria, badan golgi, sentrosom, lisosom, plastida, mikrotubulus, mikrofilamen, dan peroksisom.
5. Sel prokariotik tidak mempunyai inti dan sistem endomembran seperti retikulum endoplasma, mitokondria, dan badan golgi.
6. Sel eukariotik memiliki inti dan sistem endomembran.
7. Sel tumbuhan memiliki organel yang tidak dimiliki sel hewan yaitu dinding sel, vakuola, dan plastida.
8. Sel hewan memiliki organel yang tidak dimiliki sel tumbuhan yaitu flagel dan sentriol.
9. Transpor pada sel terdiri atas transpor pasif (difusi, difusi terfasilitasi, osmosis) dan transpor aktif (transpor aktif primer, transpor aktif sekunder, eksositosis, endositosis). Endositas terdiri atas fogositosis dan pinositosis.

Uji Kompetensi

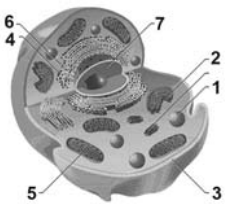
I. Pilihan ganda

1. Macam-macam senyawa organik yang menyusun protoplasma adalah
 a. karbohidrat, protein, lemak, asam amino
 b. karbohidrat, protein, lemak, asam sitrat
 c. karbohidrat, protein, lemak, asam nukleat
 d. protein, asam amino, lemak, gula
 e. protein, asam amino, asam sitrat, gula
2. Pernyataan yang paling tepat untuk retikulum endoplasma adalah
 a. organel terbesar di dalam sitoplasma
 b. organel kecil di dalam sel yang tersusun atas protein dan RNA
 c. sepasang badan silinder dan merupakan satu kesatuan
 d. sistem membran yang kompleks membentuk jaring-jaring kerja di sitoplasma
 e. berperan dalam sintesis protein, sintesis lemak, dan transpor materi di dalam sel

3. Pada sel hewan, vakuola nonkontraktil berfungsi untuk
 a. menjaga tekanan osmotik sitoplasma
 b. mencernakan makanan
 c. menjadi tempat timbunan sisa-sisa metabolisme
 d. menjadi tempat menyimpan zat makanan
 e. membangun turgor sel
4. *Perhatikan tabel berikut!*

No.	Hewan	Tumbuhan
1.	Permanen	Tidak permanen
2.	Tidak permanen	Permanen
3.	Terdiri atas vakuola kontraktil dan fagosit	Terdiri dari vakuola makanan saja
4.	Makanan terlarut	Bukan tempat penyimpanan zat makanan terlarut
5.	Mengatur tekanan osmosis sel	Mengatur tekanan turgor sel

 Pernyataan yang benar untuk membedakan vakuola sel hewan dan sel tumbuhan adalah
 a. 1
 b. 2
 c. 3
 d. 4
 e. 5
5. Fungsi mitokondria adalah
 a. tempat pembentukan ribosom dan untuk sintesis protein
 b. tempat pembentukan amilum dan protein
 c. sebagai alat sintesis sekret dan pencernaan intrasel
 d. tempat terjadinya respirasi sel dan sumber energi bagi sel
 e. untuk pencernaan internal dan sumber energi bagi sel
6. Organel yang tidak dijumpai pada sel hewan dari bagian-bagian berikut ini, adalah
 a. inti
 b. protoplasma
 c. nukleoplasma
 d. plastida
 e. mitokondria
7. Organel sel yang berfungsi untuk mensintesis protein adalah
 a. mitokondria
 b. lisosom
 c. kromosom
 d. ribosom
 e. plastida

8. 

Berdasarkan gambar sel hewan di samping, organel organel yang terlibat dalam proses sekresi enzim adalah
 a. 1 - 2 - 3 - 4
 b. 1 - 3 - 5 - 7
 c. 3 - 4 - 6 - 7
 d. 2 - 4 - 6 - 7
 e. 1 - 4 - 5 - 7

9. Lemak merupakan senyawa organik penyusun protoplasma yang berfungsi sebagai
 a. bahan pembentuk senyawa organik lain
 b. bahan pembentuk enzim-enzim pencernaan
 c. sumber energi cadangan
 d. senyawa yang bertanggung jawab terhadap sintesis enzim
 e. senyawa yang berperan dalam pembentuk sel

10. Lisosom, organel yang hanya terdapat pada sel hewan yang berfungsi untuk ….
 a. melakukan sintesis protein
 b. membawa sifat keturunan
 c. menyimpan hasil fotosintesis
 d. mensintesis enzim hidrolik
 e. menguraikan zat hasil pencernaan

11. Organel berupa saluran halus dalam sitoplasma yang berbatasan dengan sistem membran dan erat kaitannya dengan sistem angkutan pada sintesis protein adalah
 a. lisosom
 b. nukleus
 c. mitokondria
 d. ribosom
 e. retikulum endoplasma

12. Penyusunan zat-zat pembentuk protoplasma oleh makhluk hidup merupakan manifestasi fungsi
 a. nutrisi
 b. regulasi
 c. sintesis
 d. reproduksi
 e. adaptasi

13. Bagian-bagian sel berikut ini terdapat di luar nukleus, *kecuali*
 a. kloroplas
 b. badan golgi
 c. ribosom
 d. kromosom
 e. plastida

14. Protein yang khas yang terdapat dalam inti sel disebut
 a. sitoprotein
 b. fitoprotein
 c. nukleoprotein
 d. bioprotein
 e. nuseloprotein

15. Teori sel menunjukkan bahwa sel merupakan unit struktural makhluk hidup.
 Teori tersebut pertama kali diusulkan oleh
 a. Schleiden dan Schwann
 b. Robert Brown
 c. Rudolf Virchow
 d. Max Schultze
 e. Felix Durjadin

16. Fungsi utama ribosom dalam sel adalah
 a. tempat penggabungan beberapa jenis asam amino
 b. membentuk butiran yang melekat pada retikulum endoplastik
 c. mempercepat terjadinya oksidasi
 d. menghasilkan kode genetik
 e. membentuk RNA duta

17. Bagian sel yang mengatur keluar masuknya zat dari dan ke dalam sel adalah
 a. sitoplasma
 b. mitokondria
 c. inti sel
 d. selaput plasma
 e. dinding sel

18. Bagian sel yang terdapat pada sel tumbuhan dan tidak terdapat pada sel hewan adalah
 a. dinding sel
 b. selaput plasma
 c. nukleolus
 d. benang kromatin
 e. vakuola

19. Berikut ini yang bukan ciri-ciri transpor pasif adalah
 a. berlangsung secara spontan
 b. tidak memerlukan energi dari sel
 c. berlangsung dari konsentrasi tinggi ke konsentrasi rendah
 d. berlangsung dari konsentrasi rendah ke konsentrasi tinggi
 e. dapat berlangsung pada sel mati

20. Berikut ini adalah ciri khas sel eukariotik, *kecuali*
 a. mempunyai nukleolus
 b. mempunyai membran inti
 c. terjadi pemisahan antara inti sel dan sitoplasma
 d. DNA berbentuk sirkuler
 e. Materi genetik berada dalam inti sel

II. Uraian

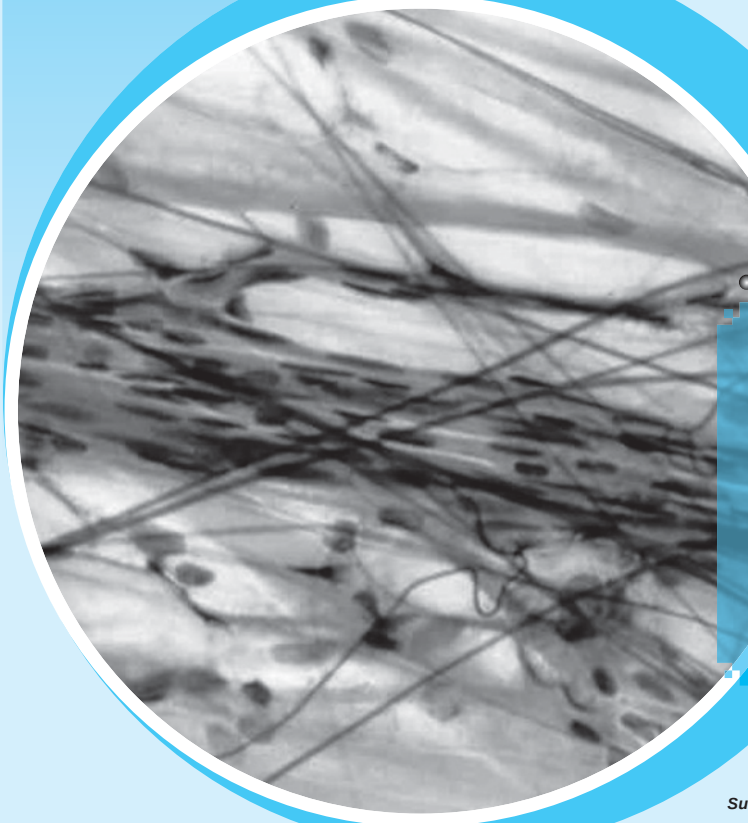
1. Apa yang dimaksud dengan sel sebagai unit terkecil kehidupan?
2. Apa perbedaan antara sel prokariot dengan sel eukariot?
3. Apa perbedaan antara sel hewan dengan sel tumbuhan?
4. Apa perbedaan antara transpor aktif dengan transpor pasif? Manakah yang menguntungkan sel?
5. Apakah perbedaan struktur antara dinding sel dan membran sel?

III. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini berdasarkan analisis kalian!

1. Di dalam tubuh kita, sel-sel tubuh secara dinamis akan terus berganti, sel-sel lama akan diganti oleh sel-sel baru. Apa yang akan terjadi apabila jumlah sel yang terbentuk lebih banyak dibanding sel yang mati?
2. Menurut kalian, mengapa tanaman yang layu akan segar kembali setelah disiram dengan air?
3. Sekarang ini banyak dikembangkan tanaman hidroponik, terutama di daerah perkotaan. Tanaman hidroponik dapat tumbuh subur meskipun media tanamnya hanya menggunakan air. Mengapa hal tersebut bisa terjadi?

Bab 2

Jaringan



Sumber: *www.oregonstate.edu, 2006.*

Kata-Kata Kunci

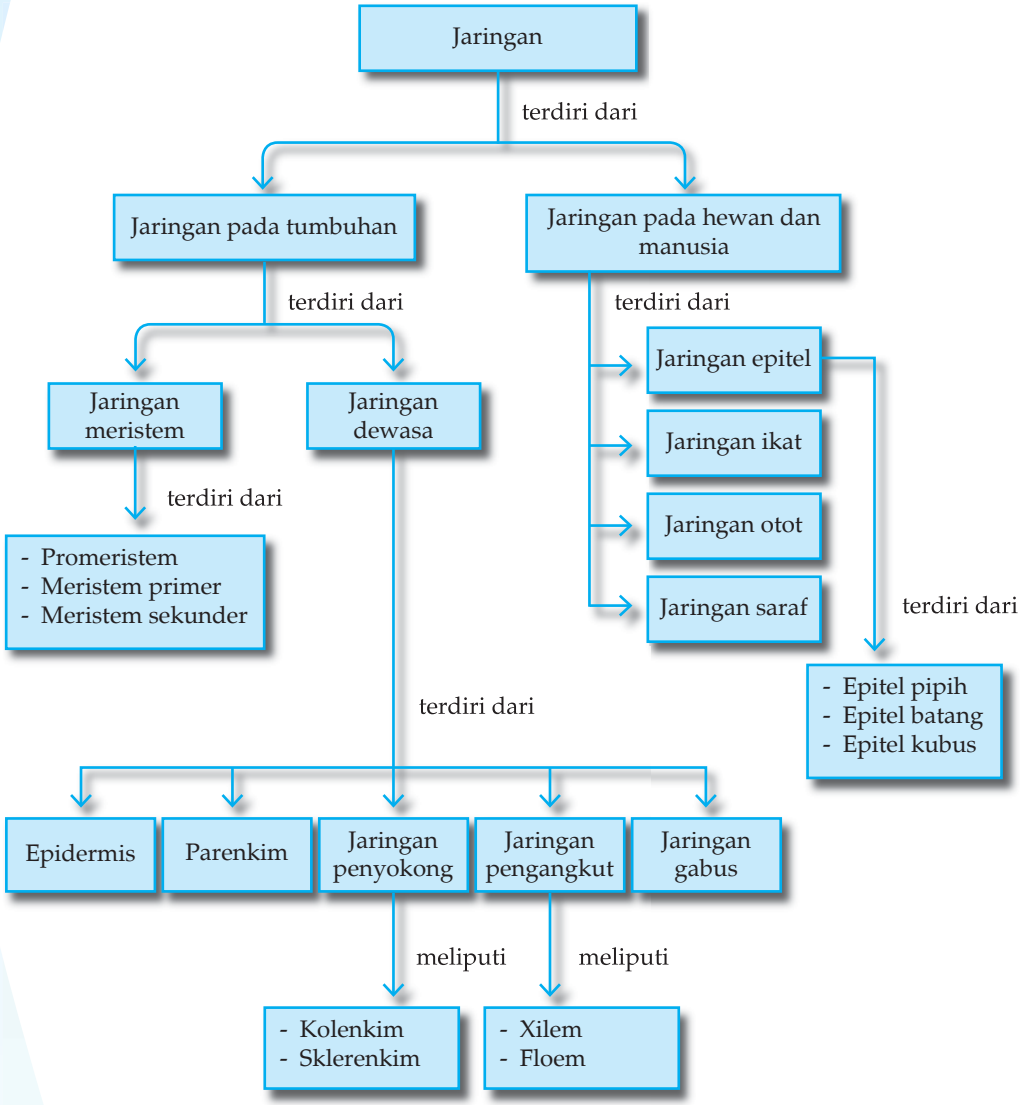
Meristem
Parenkim
Sklerenkim
Xilem
Floem
Epitel
Jaringan ikat
Jaringan otot
Jaringan saraf

Jaringan merupakan kumpulan sel-sel yang terdeferensiasi. Jaringan terdiri atas sel yang mempunyai bentuk dan fungsi yang sama. Jaringan yang satu dengan yang lain akan menyusun organ. Bagaimana sel membentuk jaringan? Apa fungsi jaringan? Bagaimana jaringan bisa menyusun organ?

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi yang terdapat dalam bab ini diharapkan siswa mampu mengetahui berbagai jaringan yang menyusun organ tumbuhan dan hewan.

Peta Konsep


Jaringan
terdiri dari
Jaringan pada tumbuhan
Jaringan pada hewan dan manusia
terdiri dari
terdiri dari
Jaringan meristem
Jaringan dewasa
Jaringan epitel
Jaringan ikat
Jaringan otot
Jaringan saraf
terdiri dari
- Epitel pipih
- Epitel batang
- Epitel kubus
terdiri dari
- Promeristem
- Meristem primer
- Meristem sekunder
terdiri dari
Epidermis
Parenkim
Jaringan penyokong
Jaringan pengangkut
Jaringan gabus
meliputi
meliputi
- Kolenkim
- Sklerenkim
- Xilem
- Floem

A. Pendahuluan

Pada Bab 1 kalian telah mempelajari tentang sel, baik sel tumbuhan maupun sel hewan. Tumbuhan dan hewan memiliki sel yang mempunyai persamaan dan perbedaan. Lalu apakah yang akan terjadi jika sel-sel tersebut menyatu?

Secara mikroskopis tumbuhan dan hewan memiliki tubuh yang tersusun atas banyak sel yang menyatu sehingga membentuk jaringan. Jaringan yang bersatu akan membentuk organ seperti organ hati, ginjal, dan jantung. Organ-organ yang bersatu akan membentuk sistem organ sehingga mampu menjalankan kegiatan seperti transportasi, pencernaan, dan ekskresi.

Meskipun jaringan sama-sama berasal dari sel, namun memiliki fungsi yang berbeda antara satu jaringan dengan jaringan lain. Hal ini dikarenakan sel telah mengalami *diferensiasi*. Diferensiasi adalah perubahan bentuk sel. Demikian juga jaringan tumbuhan dan hewan juga memiliki peran yang beda. Sehingga jaringan tersebut mampu menjalankan fungsinya.

B. Jaringan Tumbuhan

Tentunya kalian masih ingat dengan pelajaran tentang sel pada Bab 1. Kalian sudah mempelajari bahwa sel tumbuhan mempunyai organel yang khas jika dibandingkan dengan sel hewan. Organel-organel tersebut adalah kloroplas, vakuola yang membesar di bagian tengah sel, dan dinding sel yang mengandung selulosa.

Sel tumbuhan yang telah dewasa dan memiliki kesamaan bentuk dan sifatnya akan membentuk jaringan tumbuhan. Berdasarkan kemampuannya membelah diri, jaringan tumbuhan dapat dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu jaringan meristem dan jaringan dewasa.

1. *Jaringan Meristem*

Jaringan meristem terdiri atas sekelompok sel yang tetap dalam fase pertumbuhan dan terus-menerus membelah.

Sifat-sifat jaringan meristem adalah sebagai berikut:

a. Terdiri atas sel-sel muda dalam fase pembelahan dan pertumbuhan.
b. Biasanya tidak ditemukan adanya ruang antarsel di antara sel-sel meristem.
c. Bentuk sel bulat, lonjong, atau poligonal dengan dinding sel yang tipis.
d. Masing-masing sel kaya akan sitoplasma dan mengandung satu atau lebih dari satu inti sel.
e. Vakuola sel sangat kecil atau mungkin tidak ada.

Berdasarkan asal usulnya, jaringan meristem dapat dikelompokkan menjadi tiga macam, yaitu promeristem, jaringan meristem primer, dan jaringan meristem sekunder.

a. Promeristem

Promeristem adalah jaringan meristem yang telah ada ketika tumbuhan masih dalam tingkat embrio. Contohnya pada lembaga biji tumbuhan.

b. Jaringan meristem primer

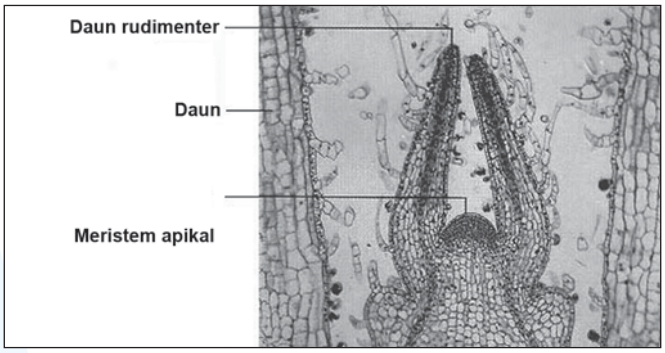
Jaringan meristem primer merupakan jaringan meristem yang mengalami perkembangan lebih lanjut dari pertumbuhan embrio. Contohnya ujung batang dan ujung akar. Kegiatan jaringan meristem primer menyebabkan batang dan akar bertambah panjang. Pertumbuhan yang diakibatkan oleh jaringan meristem primer disebut *pertumbuhan primer*.

c. Jaringan meristem sekunder

Jaringan meristem sekunder adalah jaringan meristem yang berasal tidak secara langsung dari perkembangan jaringan meristem pada embrio. Contoh jaringan meristem sekunder misalnya kambium dan kambium gabus. Kegiatan jaringan meristem menimbulkan pertambahan besar tubuh tumbuhan. Pertumbuhan yang diakibatkan oleh jaringan meristem sekunder disebut *pertumbuhan sekunder*.

Berdasarkan posisinya dalam tubuh tumbuhan, meristem dibedakan menjadi tiga, yaitu:

1) *Meristem apikal (meristem ujung)*, terdapat di ujung akar dan ujung batang tumbuhan. Meristem apikal selalu menghasilkan pemanjangan akar dan batang tumbuhan. Pertumbuhan yang diakibatkan oleh aktivitas meristem apikal dikenal sebagai pertumbuhan primer dan semua jaringan yang terbentuk dari meristem apikal disebut jaringan primer. Perhatikan gambar 2.1.



Sumber: www.uic.edu, 2006.

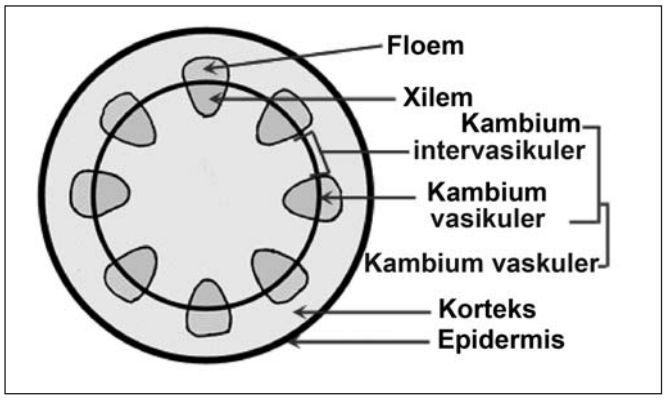
Gambar 2.1 *Jaringan meristem apikal.*

- Jaringan meristem adalah jaringan yang masih aktif membelah.
- Meristem sering dijumpai di ujung akar dan batang.

2) *Meristem interkalar*, terdapat di antara ruas-ruas batang. Pertumbuhan yang diakibatkan oleh aktivitas meristem interkalar menyebabkan pertambahan panjang pada ruas-ruas batang. Jaringan yang terbentuk oleh meristem interkalar ini serupa dengan jaringan yang berasal dari meristem apikal, sehingga digolongkan ke dalam jaringan primer. Contohnya meristem pada pangkal ruas tumbuhan anggota suku rumput-rumputan *(graminae)*.

c. *Meristem lateral (meristem samping)*, terletak sejajar dengan lingkaran organ tempat ditemukannya dan merupakan meristem yang menghasilkan pertumbuhan sekunder, contohnya kambium. Kambium merupakan lapisan sel-sel tumbuhan yang aktif membelah dan terdapat di antara xilem dan floem. Kambium menyebabkan pertumbuhan sekunder. Aktivitas kambium ke arah luar membentuk kulit batang (floem sekunder) dan ke arah dalam membentuk kayu (xilem sekunder). Pada masa pertumbuhan, kambium yang tumbuh ke arah dalam lebih aktif dibandingkan dengan kambium yang tumbuh ke arah luar. Hal ini menyebabkan kulit batang lebih tipis daripada kayu.

Kambium bisa dibedakan menjadi dua macam, yaitu kambium vasikuler dan kambium intervasikuler. Kambium vasikuler adalah kambium yang berada di dalam berkas pengangkut, yaitu di antara xilem dan floem. Sedangkan kambium intervasikuler adalah kambium yang berada di antara berkas pengangkut. Kesatuan antara kambium vasikuler dengan kambium intervasikuler membentuk lingkaran kambium atau kambium vaskuler. Perhatikan gambar 2.2.



Sumber: www.uic.edu,2007.

Gambar 2.2 *Kambium vasikuler dan kambium intervasikuler.*

Selain kambium, jaringan meristem lateral juga dikenal adanya kambium gabus (felogen). Kambium ini terletak di bawah epidermis batang dan epidermis akar yang tua. Aktivitas pembelahan kambium gabus ke arah dalam menghasilkan *feloderm*. Sedangkan ke arah luar menghasilkan *felem*.

2. *Jaringan dewasa*

Jaringan dewasa adalah jaringan yang sudah berhenti membelah. Jaringan ini dibentuk dari proses diferensiasi sel-sel meristem, baik meristem primer maupun meristem sekunder. Jaringan

Biologi Kita

Totipotensi

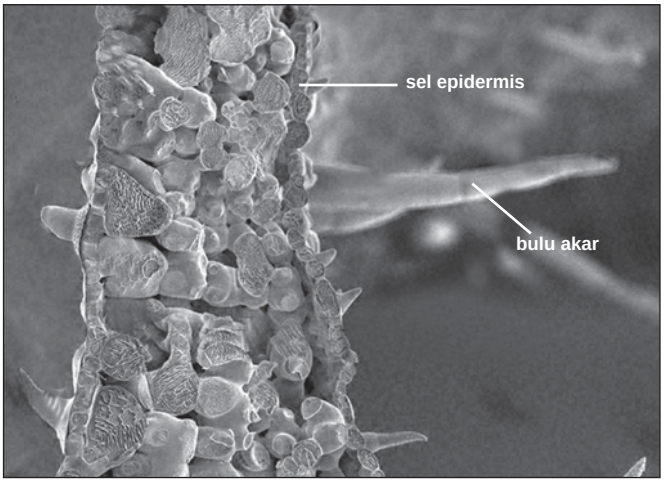
Totipotensi memiliki arti bahwa setiap sel memiliki kemampuan untuk berdeferensiasi menjadi jaringan, kemudian berkembang menjadi tumbuhan baru yang lengkap, jika lingkungan mendukung. Kemampuan semacam ini dimiliki oleh semua sel tumbuhan. Totipotensi sebagian terlihat pada akar yang tumbuh dari sel batang, dan ketika sel xilem dan floem tumbuh dari sel korteks yang terluka. Kejadian semacam itulah yang mendorong orang untuk melakukan kultur jaringan. Kultur jaringan yaitu mengembangkan tumbuhan baru dari jaringan tumbuhan tertentu. Jaringan yang diambil biasanya diletakkan pada media khusus yang steril agar dapat membelah dan berdiferensiasi menjadi batang, akar, dan daun.

Sumber: Salisbury dan Ross, Fisiologi Tumbuhan Jilid 3, 1995.

dewasa dapat dibagi menjadi beberapa macam, yaitu jaringan epidermis, jaringan parenkim, jaringan penyokong (terdiri atas jaringan kolenkim dan jaringan sklerenkim), jaringan pengangkut (terdiri atas xilem dan floem), dan jaringan gabus.

a. Jaringan epidermis

Jaringan epidermis merupakan jaringan yang letaknya paling luar pada organ-organ tumbuhan seperti akar, batang, daun, bunga, buah, dan biji. Jaringan epidermis berfungsi untuk menutupi permukaan tubuh tumbuhan. Jaringan ini melindungi bagian dalam tumbuhan dari segala pengaruh luar yang merugikan tumbuhan, sehingga disebut juga jaringan pelindung. Perhatikan gambar 2.3.



Sumber: *www.vcbio.science.ru.nl, 2006.*

Gambar 2.3 *Jaringan epidermis tumbuhan.*

Tindak Lanjut

Carilah informasi dari internet, buku, atau surat kabar tentang pemanfaatan sifat totipotensi pada tumbuhan, khususnya di bidang kultur jaringan! Kumpulkan hasilnya pada guru kalian!

Ciri-ciri jaringan epidermis pada tumbuhan adalah:

- Terdiri atas sel-sel hidup.
- Berbentuk persegi panjang.
- Sel-selnya rapat dan tidak memiliki ruang antarsel.
- Umumnya tidak memiliki klorofil, kecuali pada epidermis tumbuhan paku.
- Dinding sel jaringan epidermis bagian luar yang berbatasan dengan udara mengalami penebalan, namun dinding sel epidermis bagian dalam yang berbatasan dengan jaringan lain tetap tipis.
- Mampu membentuk derivat jaringan epidermis.

Parenkim memiliki dua bentuk, yaitu:
- Klorenkim
- Aeronkim

Bentuk jaringan epidermis bermacam-macam. Pada tumbuhan dikotil yang sudah mengalami pertumbuhan sekunder, akar, dan batangnya sudah tidak lagi memiliki jaringan epidermis. Biasanya jaringan epidermis fungsinya digantikan oleh jaringan gabus. Sel-sel epidermis ada yang mengalami modifikasi, misalnya menjadi stomata, trikoma, sel kipas, sistolit, dan sel silika.

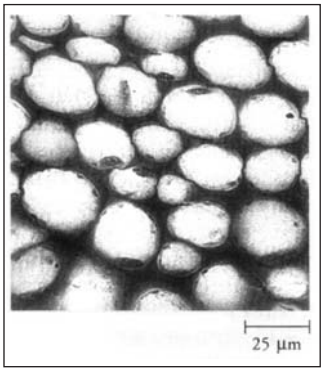
b. Jaringan parenkim

Jaringan parenkim merupakan jaringan yang terbentuk dari sel-sel hidup dengan struktur morfologis dan fisiologis yang bervariasi. Jaringan ini masih melakukan segala kegiatan proses fisiologis, bahkan masih mampu melakukan pembelahan. Jaringan parenkim disebut juga jaringan dasar karena dijumpai di setiap bagian tumbuhan. Pada batang dan akar, parenkim dijumpai di antara epidermis dan pembuluh angkut sebagai korteks. Parenkim dapat juga dijumpai sebagai empulur batang. Pada daun, parenkim menyusun mesofil daun yang berdiferensiasi menjadi *jaringan tiang* dan *jaringan bunga karang*.

Ciri-ciri jaringan parenkim adalah:

- Sel-selnya merupakan jaringan hidup yang berukuran besar dan tipis serta umumnya berbentuk segi enam.
- Memiliki banyak vakuola.
- Letak inti sel mendekati dasar sel.
- Mampu bersifat embrional atau meristematik karena dapat membelah diri.
- Memiliki ruang antarsel yang banyak sehingga letaknya tidak rapat.

Jaringan parenkim merupakan jaringan yang paling banyak mengalami modifikasi bentuk dan fungsi. Bentuk sel parenkim bermacam-macam. Sel parenkim yang mengandung klorofil disebut *klorenkim*, sedangkan yang mengandung rongga-rongga udara disebut *aerenkim*. Fungsi jaringan parenkim bermacam-macam misalnya untuk menyimpan cadangan makanan, menyimpan air, menyimpan udara, fotosintesis, dan sebagainya.



Sumber: *Campbell et al, Biologi Jilid 1, 2006, Hal. 301*

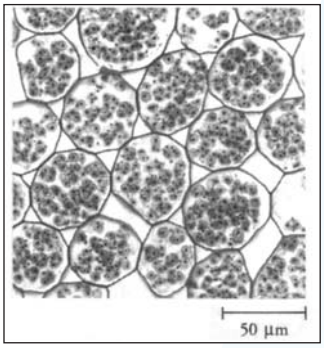
Gambar 2.4 *Jaringan parenkim.*

c. Jaringan penyokong

Jaringan ini disebut juga jaringan penguat karena memiliki dinding sel yang tebal dan kuat. Fungsi jaringan ini adalah memberikan kekuatan bagi tumbuhan agar dapat berdiri dengan kokoh. Jaringan ini terdiri atas jaringan *kolenkim* dan jaringan *sklerenkim*.

1) Jaringan kolenkim

Jaringan kolenkim berperan penting sebagai jaringan penguat, terutama pada organ-organ tumbuhan yang masih aktif mengadakan pertumbuhan dan perkembangan. Jaringan kolenkim tersusun oleh sel-sel yang hidup, bentuk selnya sedikit memanjang, dan umumnya memiliki dinding dengan penebalan tidak teratur. Jaringan kolenkim memiliki dinding yang lunak, lentur, dan tidak berlignin. Sebagian besar dinding sel jaringan kolenkim terdiri dari senyawa selulosa. Jaringan



Sumber: *Campbell et al, Biologi Jilid 1, 2006, Hal. 301*

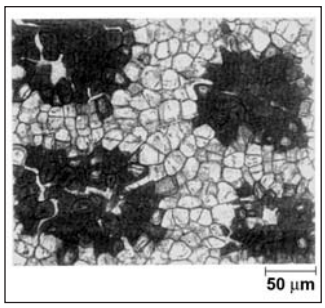
Gambar 2.5 *Jaringan kolenkim.*

kolenkim merupakan jaringan penguat pada organ tubuh muda atau bagian tubuh tumbuhan yang lunak.

Kolenkim dapat dijumpai pada batang, daun, serta bagian-bagian bunga dan buah. Pada akar yang terkena sinar matahari juga dapat dijumpai adanya kolenkim. Pada sebagian besar tumbuhan monokotil tidak dijumpai adanya kolenkim jika sklerenkim dibentuk sejak tumbuhan masih muda.

2) *Jaringan sklerenkim*

Jaringan sklerenkim merupakan jaringan penguat dinding sekunder yang tebal. Umumnya jaringan sklerenkim mengandung senyawa lignin, sehingga sel-selnya menjadi kuat dan keras. Umumnya sklerenkim tidak mengandung protoplas. Jadi, sel-sel sklerenkim telah mati sehingga jaringan sklerenkim hanya dijumpai pada organ tumbuhan yang tidak lagi mengadakan pertumbuhan dan perkembangan. Sklerenkim terdiri dari dua macam yaitu *fiber* (serabut/serat-serat sklerenkim) dan *sklereid* (sel-sel batu). Batok kelapa adalah contoh yang baik dari bagian tubuh tumbuhan yang mengandung sel batu atau sklereid.



Sumber: *Campbell et al, Biologi Jilid 1, 2006, Hal. 301.*

***Gambar 2.6** Jaringan sklerenkim.*

d. Jaringan pengangkut

Jaringan pengangkut bertugas mengangkut zat-zat yang dibutuhkan oleh tumbuhan. Ada dua macam jaringan yaitu *xilem* atau pembuluh kayu dan *floem* atau pembuluh lapis/pembuluh kulit kayu.

Xilem bertugas mengangkut air dan garam-garam mineral terlarut dari akar ke seluruh bagian tubuh tumbuhan. Xilem ada 2 macam, yaitu *trakea* dan *trakeid*. Trakeid adalah sel-sel tumbuhan yang dindingnya mengalami *lignifikasi* (penebalan oleh senyawa lignin) dan sel-selnya akan mati setelah dewasa.

Floem bertugas mengangkut hasil fotosintesis dari daun ke seluruh bagian tubuh tumbuhan. Floem dicirikan dengan adanya komponen pembuluh tapis dan sel pengiring. Komponen pembuluh tapis merupakan sel-sel memanjang yang ujungnya bersatu membentuk suatu pembuluh.

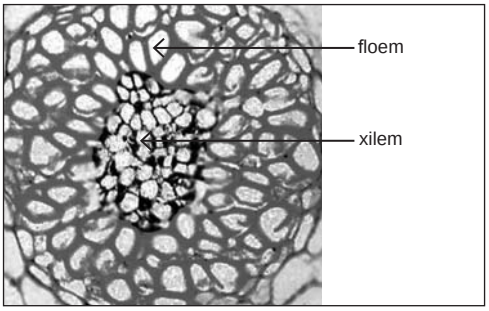
Sel pengiring merupakan sel yang berukuran lebih kecil dibandingkan sel penyusun pembuluh tapis dan berperan untuk memberi makan sel-sel pembuluh tapis yang masih hidup. Sel pengiring hanya dijumpai pada *Angiospermae*.

Xilem dan floem membentuk berkas pembuluh angkut. Beberapa tipe ikatan pembuluh angkut yang dapat ditemukan antara lain *tipe kolateral, tipe konsentris, tipe bikolateral, serta tipe radial*.

1) *Ikatan Pembuluh Kolateral*, merupakan suatu ikatan pembuluh angkut yang terbentuk dari xilem dan floem yang letaknya bersebelahan dalam satu jari-jari yang sama. Xilem berada di bagian dalam dan floem di bagian luar. Tipe ini dibedakan menjadi:

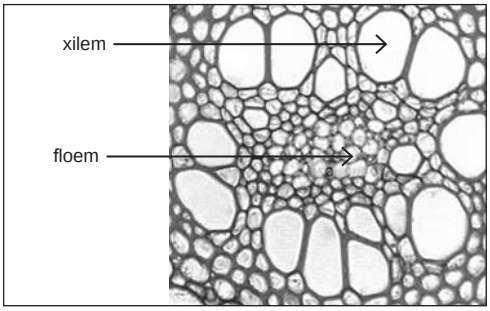
a) *Kolateral terbuka*, apabila antara xilem dan floem terdapat kambium.
b) *Kolateral tertutup*, apabila antara xilem dan floem tidak terdapat kambium. Contoh: pada tumbuhan monokotil.

2) *Ikatan Pembuluh Konsentris*, merupakan suatu ikatan pembuluh angkut yang terdiri atas xilem dan floem yang membentuk cincin silindris. Tipe ini dibedakan menjadi:
 a) *Amfikribal*, xilem berada di tengah dan dikelilingi oleh floem. Perhatikan gambar 2.7. Contoh: pada tumbuhan paku.
 b) *Amfivasal*, floem berada di tengah dan dikelilingi oleh xilem. Perhatikan gambar 2.8. Contoh: pada tumbuhan monokotil yang berkambium, yaitu *Liliaceae*.



Sumber: *Ensiklopedi Sains dan Kehidupan, 2003, Hal. 7.*

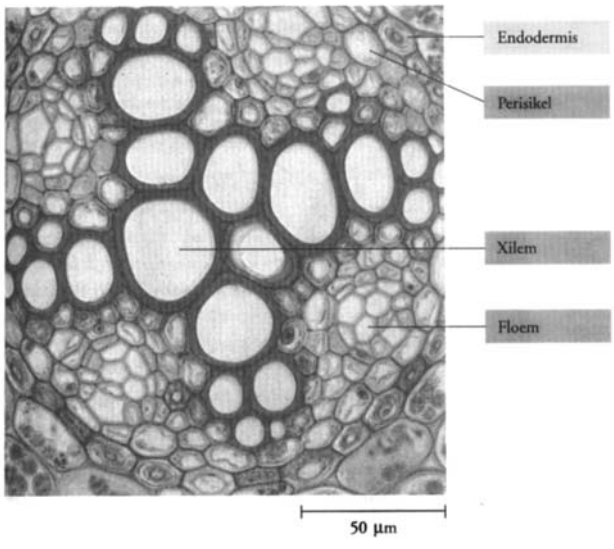
***Gambar 2.7** Amfikribal*



Sumber: *Ensiklopedi Sains dan Kehidupan, 2003, Hal. 7.*

***Gambar 2.8** Amfivasal.*

3) *Ikatan Pembuluh Tipe Bikolateral*, merupakan tipe ikatan pembuluh dimana xilem diapit oleh floem luar dan floem dalam.
4) *Ikatan Pembuluh Tipe Radial*, yaitu tipe ikatan pembuluh yang memperlihatkan kedudukan xilem dan floem bersebelahan pada jari-jari yang berbeda. Biasanya xilemnya berbentuk bintang misalnya pada akar tumbuhan dikotil.

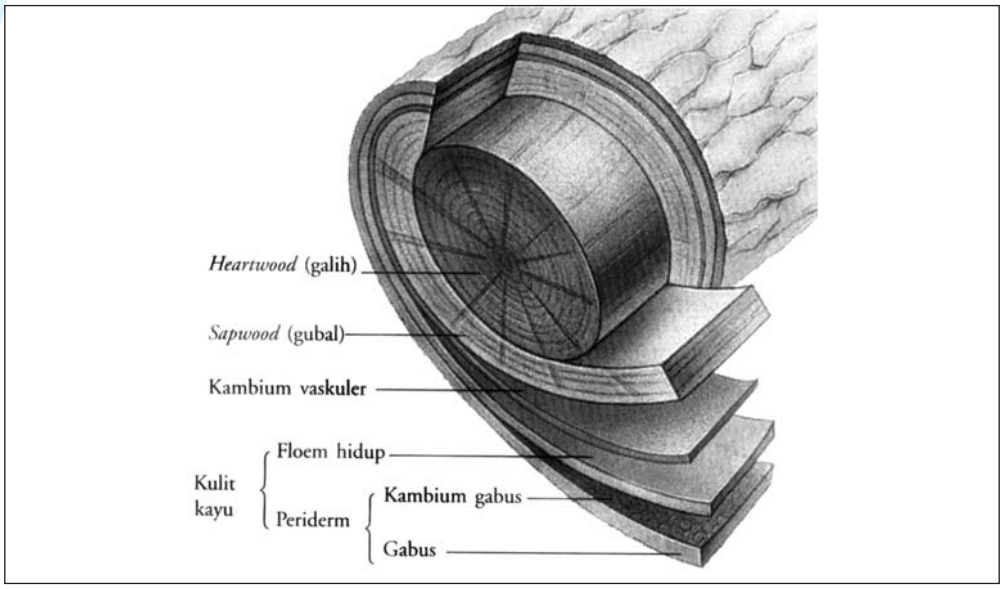


Sumber: *Campbell et al, Biologi Jilid 2, 2006, Hal.307.*

***Gambar 2.9** Tipe Radial.*

e. Jaringan gabus

Fungsi jaringan gabus adalah untuk melindungi jaringan lain agar tidak kehilangan banyak air, mengingat sel-sel gabus yang bersifat kedap air. Pada Dikotil, jaringan gabus dibentuk oleh kambium gabus atau *felogen*, pembentukan jaringan gabus ke arah dalam berupa sel-sel hidup yang disebut *feloderm*, ke arah luar berupa sel-sel mati yang disebut *felem*.



Sumber: *Campbell et al, Biologi Jilid 2, 2006, Hal.314.*

Gambar 2.10 *Jaringan gabus.*

3. Sistem Jaringan Tumbuhan

Jaringan-jaringan yang sederhana pada tumbuhan (parenkim, sklerenkim, xilem, floem, dan lain-lain) bersatu membentuk kelompok yang disebut sistem jaringan. Sistem jaringan pada tumbuhan terdiri atas sistem jaringan dermal, sistem jaringan pembuluh, dan sistem jaringan dasar.

a. Sistem jaringan dermal

Sistem jaringan dermal membentuk pembungkus luar tumbuhan, termasuk di dalamnya epidermis dan periderm. *Periderm* merupakan jaringan pelindung yang menggantikan epidermis dekat permukaan akar dan batang yang mengalami penebalan sekunder. Jaringan dermal mempunyai ciri khusus antara lain dindingnya terdiri atas zat lilin, kitin, dan suberin yang ada hubungannya dengan fungsi dan letak yang merupakan bagian di luar tubuh.

b. Sistem jaringan pembuluh

Sistem jaringan pembuluh terlibat dalam pengangkutan air dan makanan ke seluruh tubuh tumbuhan. Terdiri atas dua macam jaringan pengangkut, yaitu xilem dan floem.

c. *Sistem jaringan dasar*

Sistem jaringan dasar mencakup jaringan yang membentuk bahan dasar yang menyelimuti jaringan pembuluh. Jaringan dasar pada tumbuhan adalah jaringan parenkim. Jaringan dasar ini bisa dijumpai pada semua organ tumbuhan.

4. *Organ Tumbuhan*

Organ tumbuhan berbiji memiliki tiga bagian penting, yaitu: akar, batang, dan daun. Sedang bagian lain dari ketiga organ tersebut adalah modifikasinya.

Contoh:
- umbi modifikasi batang dan akar,
- rimpang modifikasi batang dan daun,
- duri modifikasi batang atau daun,
- kuncup dan bunga modifikasi dari ranting dan daun.

a. *Akar*

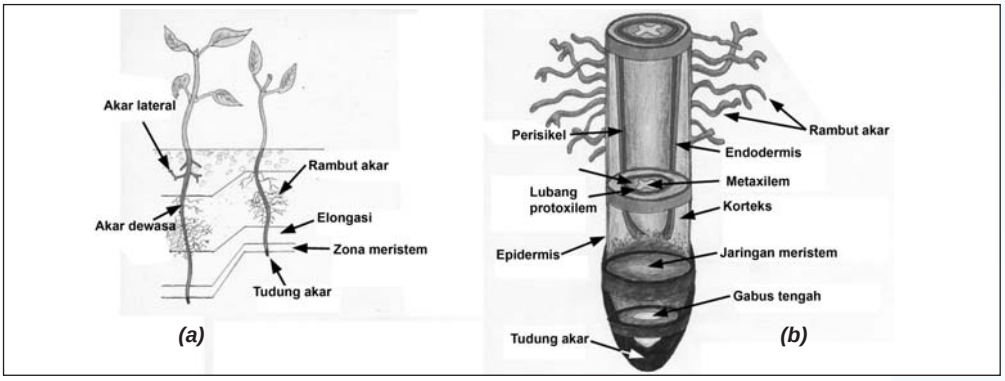
Asal akar adalah dari akar lembaga (radix). Pada dikotil, akar lembaga terus tumbuh sehingga membentuk akar tunggang. Pada monokotil, akar lembaga mati, kemudian pada pangkal batang akan tumbuh akar-akar yang memiliki ukuran hampir sama sehingga membentuk akar serabut.

Akar monokotil dan dikotil ujungnya dilindungi oleh tudung akar atau *kaliptra*, yang fungsinya melindungi ujung akar sewaktu menembus tanah. Sel-sel kaliptra ada yang mengandung butir-butir amilum, dinamakan *kolumela*.

Akar pada tumbuhan memiliki fungsi bermacam-macam. Fungsi akar pada tumbuhan antara lain:

1) Untuk mengikat tubuh tumbuhan pada tanah.
2) Dapat berfungsi untuk menyimpan cadangan makanan.
3) Menyerap air dan garam-garam mineral terlarut.

Secara umum struktur akar dibedakan menjadi struktur bagian luar (morfologi) dan struktur bagian dalam (anatomi). Perhatikan gambar 2.11.



Sumber: *www.puc.edu, 2006.*

Gambar 2.11 *Struktur akar, (a) struktur morfologi, (b) struktur anatomi.*

1) *Struktur bagian luar (Morfologi akar)*

a) *Leher atau pangkal akar*, merupakan bagian akar yang bersambungan dengan pangkal batang.

b) *Ujung akar*, merupakan titik tumbuh akar yang dilindungi oleh tudung akar (kaliptra).

c) *Batang akar*, merupakan bagian akar yang terletak antara leher akar dan ujung akar.

d) *Cabang-cabang akar*, merupakan bagian yang tidak langsung bersambungan dengan pangkal batang tetapi keluar dari akar pokok.

e) *Serabut akar*, merupakan cabang-cabang akar yang halus dan berbentuk serabut.

f) *Rambut akar atau bulu-bulu akar*, merupakan penonjolan sel-sel kulit luar (epidermis) yang sesungguhnya dan akan memperluas daerah penyerapan air dan mineral. Rambut akar hanya tumbuh dekat ujung akar dan umumnya relatif pendek.

g) *Tudung akar (kaliptra)*, terletak paling ujung dan berfungsi untuk melindungi akar terhadap kerusakan mekanis pada waktu menembus tanah.

Tindak Lanjut

Carilah informasi internet, buku, atau surat kabar tentang berbagai tanaman yang memiliki rimpang atau umbi, kemudian carilah tanaman tersebut dan manfaatkan rimpang atau umbinya menjadi bahan yang berguna misalnya makanan. Catatlah proses pembuatan bahan berguna tersebut dari mulai masih berbentuk rimpang atau umbi menjadi bahan jadi! Kumpulkan hasilnya pada guru kalian!

2) *Struktur bagian dalam (Anatomi akar)*

a) *Epidermis*

Susunan sel-sel epidermis rapat dan setebal satu lapis sel, dinding selnya mudah dilewati air. Sebagian sel epidermis membentuk rambut akar dengan pemanjangan ke arah lateral dari dinding luarnya. Bulu akar merupakan modifikasi dari sel epidermis akar, bertugas menyerap air dan garam-garam mineral terlarut. Bulu akar memperluas permukaan akar sehingga penyerapan lebih efisien.

b) *Korteks*

Letak korteks langsung di bawah epidermis, sel-selnya tidak tersusun rapat sehingga banyak memiliki ruang antarsel yang berperan dalam pertukaran gas. Sebagian besar korteks dibangun oleh jaringan parenkim. Korteks berfungsi sebagai tempat menyimpan makanan.

c) *Endodermis*

Endodermis merupakan lapisan pemisah antara korteks dengan silinder pusat. Sebagian besar sel endodermis memiliki bagian seperti pita yang mengandung gabus (zat suberin) atau zat lignin. Bagian ini disebut *pita kaspari*. Sel-sel endodermis dapat mengalami penebalan zat gabus pada dindingnya dan membentuk seperti titik-titik, dinamakan *titik kaspari*. Pada pertumbuhan selanjutnya penebalan zat gabus sampai pada dinding sel yang menghadap silinder pusat, bila diamati di bawah mikroskop akan tampak seperti huruf U, disebut sel U, sehingga air tidak dapat menuju ke silinder pusat. Tetapi tidak semua sel-sel endodermis mengalami penebalan, sehingga memungkinkan air dapat masuk ke silinder pusat. Sel-sel tersebut dinamakan *sel penerus/sel peresap*. Jadi, endodermis

berfungsi sebagai pengatur jalannya larutan yang diserap dari tanah masuk ke silinder pusat.

d) *Silinder pusat/stele*

Silinder pusat/stele merupakan bagian terdalam dari akar.

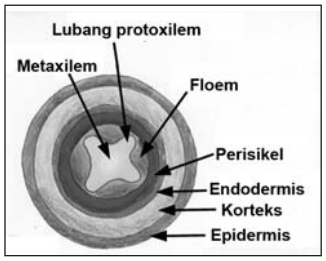
Terdiri atas berbagai macam jaringan, yaitu:

(1) Perisikel/perikambium

Merupakan lapisan terluar dari stele yang tersusun atas satu atau beberapa lapis sel. Akar cabang terbentuk dari pertumbuhan persikel ke arah luar. Perisikel berfungsi dalam pertumbuhan sekunder dan pembentukan akar ke samping.

(2) Berkas pembuluh angkut

Berkas pembuluh angkut terdapat di sebelah dalam perisikel. Terdiri atas xilem dan floem yang tersusun bergantian menurut arah jari-jari. Pada dikotil di antara xilem dan floem terdapat jaringan kambium.



Sumber: www.puc.edu, 2006.

Gambar 2.12 *Struktur dalam akar.*

(3) Empulur

Letaknya paling dalam atau di antara berkas pembuluh angkut terdiri atas jaringan parenkim. Empulur hanya terdapat pada akar tumbuhan dikotil.

Kegiatan 2.1

Mengamati Struktur Akar

Tujuan: memahami struktur dan fungsi akar.

Alat dan Bahan

1. Mikroskop
2. Kertas tissue
3. Alkohol
4. Sediaan awetan penampang melintang akar

Langkah Kerja

1. Bersihkan mikroskop dengan tissue yang telah dibasahi dengan alkohol!
2. Letakkan sediaan awetan penampang melintang akar di atas meja objek mikroskop!
3. Amati di bawah mikroskop!
4. Diskusikan pertanyaan berikut dengan kelompok kalian!

Pertanyaan

1. Bagian apa saja yang terlihat di bawah mikroskop?
2. Jaringan apa yang paling jelas terlihat?

b. Batang

Batang pada tumbuhan berfungsi sebagai penyangga. Batang juga terdiri atas pembuluh yang menyalurkan air dan mineral yang penting ke seluruh bagian tumbuhan. Tumbuhan memerlukan sinar matahari untuk membuat makanannya, sehingga fungsi batang yang lain adalah memastikan tumbuhan mendapat sinar matahari. Batang pohon merupakan batang berkayu yang sangat kuat dengan cabang-cabang kayu. Batang pohon tumbuh tinggi untuk memperoleh sinar matahari. Batang tumbuhan lain seperti tumbuhan menjalar, melingkar, dan meliuk juga bertujuan untuk mencari jalan mendapatkan sinar matahari.

Sama dengan struktur akar, struktur batang terdiri atas struktur luar dan struktur dalam. Struktur luar pada tumbuhan tingkat tinggi dibedakan menjadi struktur tumbuhan berkayu dan struktur tumbuhan tak berkayu (herba). Sedangkan struktur dalamnya terdiri dari bagian epidermis, korteks, endodermis, dan silinder pusat.

1) Struktur luar

Perbedaan struktur luar pada tumbuhan tingkat tinggi dapat dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu batang tumbuhan herba dan batang tumbuhan berkayu. Tumbuhan herba dan tumbuhan berkayu memiliki daun-daun di sepanjang batangnya.

Macam-macam batang:
- Batang tumbuhan herba
- Batang tumbuhan kayu

a) Batang tumbuhan herba

Batang tumbuhan herba biasanya, berwarna hijau, jaringan kayu sedikit atau tidak ada, ukuran batang kecil, dan umumnya relatif pendek. Bagian luar batang terdiri dari epidermis yang tipis dan tidak mengandung gabus. Pada epidermis terdapat stomata sehingga jaringan di dalamnya dapat mengambil oksigen dan mengeluarkan karbon dioksida. Contoh: pacar air, jagung, bayam, kacang, dan bunga matahari.

b) Batang tumbuhan kayu

Batang tumbuhan berkayu umumnya keras dan umurnya relatif panjang. Permukaan batang keras dan di bagian tertentu terdapat *lentisel*. Lentisel berhubungan dengan bagian dalam batang dan berfungsi sebagai tempat pertukaran gas di batang. Pada tumbuhan berkayu yang masih muda terdapat klorofil, sehingga dapat melakukan fotosintesis. Akan tetapi, jika sudah terbentuk lapisan gabus kemampuan fotosintesis menjadi hilang. Lapisan gabus terbentuk oleh kambium gabus. Adanya aktivitas kambium menyebabkan rusaknya jaringan yang terdapat pada korteks dan epidermis. Dengan rusaknya jaringan tersebut akan menyebabkan kemampuan fotosintesis menjadi hilang.

2) Struktur dalam

Terdapat perbedaan antara batang dikotil dan monokotil dalam susunan anatomi maupun morfologinya.

a) *Batang dikotil*

Pada ujung batang tumbuhan dikotil terdapat titik tumbuh berupa meristem apikal (ujung). Di belakang meristem apikal secara berurutan terdapat protoderm yang nantinya akan membentuk epidermis dan prokambium, di mana prokambium akan membentuk xilem, floem, dan kambium vasikuler, serta meristem dasar yang akan membentuk empulur dan korteks.

Pada batang dikotil terdapat lapisan-lapisan dari luar ke dalam adalah:

(1) Epidermis

Epidermis batang tumbuhan dikotil merupakan selapis sel pipih yang tersusun rapat dan tidak mempunyai ruang antarsel. Fungsi epidermis untuk melindungi jaringan di bawahnya. Pada batang yang mengalami pertumbuhan sekunder, lapisan epidermis digantikan oleh lapisan gabus (lentisel) yang dibentuk dari kambium gabus. Lentisel berfungsi sebagai tempat pertukaran gas dan penguapan.

Tindak Lanjut

Saat batang pohon ditebang, apakah pohon tersebut merasakan sakit? Carilah informasi melalui berbagai literatur untuk menjawab pertanyaan tersebut. Berikan juga alasan atas jawaban kalian tersebut. Kumpulkan hasilnya pada guru kalian!

(2) Korteks

Korteks batang disebut juga kulit pertama, terdiri atas beberapa lapis sel, yang dekat dengan lapisan epidermis tersusun atas jaringan kolenkim, makin ke dalam tersusun atas jaringan parenkim. Korteks batang terdiri atas korteks luar dan korteks dalam (endodermis).

Korteks luar tersusun atas sel-sel kolenkim yang berkelompok atau sel-sel kolenkim yang berselang-seling dengan sel parenkim yang membentuk lingkaran tertutup. Korteks luar tidak dijumpai pada batang setiap jenis tumbuhan.

Korteks dalam (endodermis) disebut juga kulit dalam, terdiri atas sel-sel parenkim dan tersusun atas selapis sel. Terdapat pada batang setiap tumbuhan dan merupakan lapisan pemisah antara korteks dengan stele. Endodermis tumbuhan Angiospermae mengandung zat tepung sehingga lapisan sel tersebut disebut *seludang pati*, tetapi tidak terdapat pada endodermis tumbuhan Gymnospermae.

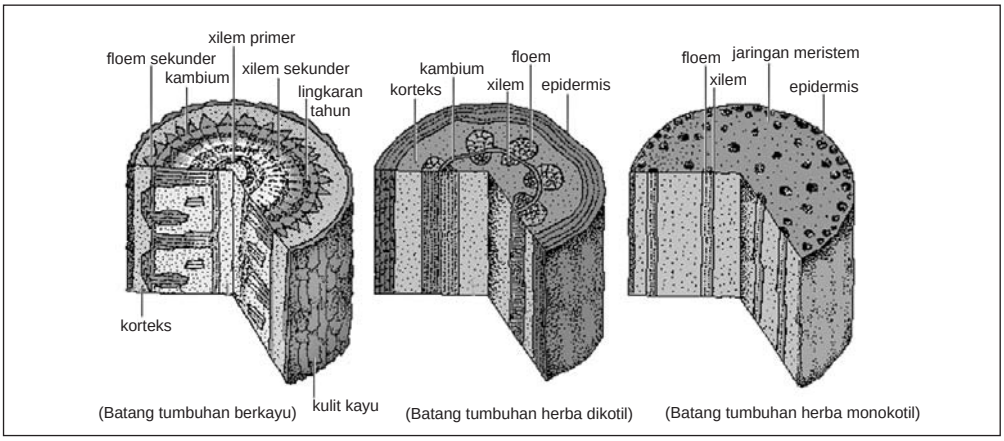
(3) Stele/silinder pusat

Stele merupakan lapisan terdalam dari batang. Lapis terluar dari stele disebut *perisikel* atau *perikambium*. Pada bagian dalam perikambium terdapat *empulur* dan *berkas vasikuler* yang tersusun dari xilem dan floem. Empulur merupakan parenkim yang berada di tengah-tengah stele. Empulur juga berada di sekitar berkas vasikuler berbentuk seperti jari-jari sehingga disebut jari-jari empulur.

lkatan pembuluh pada stele disebut tipe kolateral terbuka yang artinya xilem dan floem terletak saling bersisian, xilem di sebelah dalam dan floem di sebelah luar tersusun seperti cincin.

Antara xilem dan floem terdapat kambium intravasikuler, pada perkembangan selanjutnya jaringan parenkim yang terdapat di antara berkas pembuluh angkut juga berubah menjadi kambium, yang disebut *kambium intervasikuler*. Keduanya dapat mengadakan pertumbuhan sekunder yang mengakibatkan bertambah besarnya diameter batang.

Pada tumbuhan dikotil, batangnya berkayu keras dan hidupnya menahun. Pertumbuhan menebal sekunder tidak berlangsung terus-menerus, tetapi hanya pada saat air dan zat hara tersedia cukup. Sedang pada musim kering tidak terjadi pertumbuhan menebal sehingga pada batang tampak berlapis-lapis. Setiap lapis menunjukkan aktivitas pertumbuhan selama satu tahun. Lapis-lapis lingkaran tersebut dinamakan *lingkaran tahun*.



Sumber: *Microsoft Encarta, 2005.*

Gambar 2.13 *Perbandingan batang tumbuhan dikotil dan monokotil.*

b) *Batang monokotil*

Meristem apikal tumbuhan monokotil berukuran lebih kecil dari meristem apikal tumbuhan dikotil. Meristem tersebut membentuk tunas aksiler (tunas di ketiak daun), bakal daun, dan epidermis. Di bawah meristem apikal terdapat meristem *perifer* (meristem tepi) yang merupakan meristem primer yang melebar dan menebal di sekitar meristem apikal. Meristem primer berkembang menjadi bagian utama batang yang berisi ikatan pembuluh.

Pada stele monokotil terdapat ikatan pembuluh yang menyebar dan bertipe kolateral tertutup, artinya di antara xilem dan floem tidak ditemukan kambium. Tidak adanya kambium pada monokotil menyebabkan batang monokotil tidak dapat tumbuh membesar, dengan perkataan lain tidak terjadi pertumbuhan menebal sekunder. Meskipun demikian, ada monokotil yang dapat mengadakan pertumbuhan menebal sekunder, misalnya pada pohon hanjuang (*Cordyline* sp.) dan pohon nenas seberang (*Agave* sp.).

Seperti pada tumbuhan dikotil, tumbuhan monokotil juga tersusun atas lapisan epidermis, korteks, dan stele.

(1) Epidermis
Epidermis batang tumbuhan monokotil memiliki dinding sel yang lebih tebal dari tumbuhan dikotil. Epidermis terdiri dari satu lapis sel yang dilengkapi dengan stomata dan bulu-bulu.

(2) Korteks
Korteks batang tumbuhan monokotil berupa jaringan yang terdapat di bawah epidermis. Korteks umumnya terdiri atas sel-sel sklerenkim yang merupakan kulit batang. Kulit batang berfungsi untuk memperkuat dan mengeraskan bagian luar batang.

(3) Stele
Stele batang tumbuhan monokotil merupakan jaringan di bawah korteks. Umumnya, batas antara stele dan korteks tidak jelas. Stele berisi berkas vasikuler yang tersebar pada empulur, terutama terdapat dekat dengan kulit batang.

Secara morfologi batang tumbuhan dikotil biasanya bercabang-cabang, ruas-ruasnya tidak tampak dengan jelas, serta mengalami pertumbuhan sekunder (membesar).

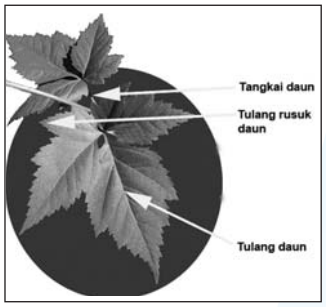
c. *Daun*

Daun terletak di bagian atas tumbuhan dan melekat pada batang. Daun merupakan modifikasi dari batang. Daun merupakan bagian tubuh tumbuhan yang paling banyak mengandung klorofil sehingga kegiatan fotosintesis paling banyak berlangsung di daun.

Daun memiliki bentuk dan ukuran tertentu sehingga dapat melakukan tugas penting, membuat makanan seefisien mungkin. Tumbuhan yang tumbuh di tempat gelap dan teduh memiliki daun yang lebar agar dapat menangkap sinar matahari sebanyak mungkin. Di daerah yang banyak hujan, daun sering memiliki lapisan yang mengkilat dan tahan air. Beberapa daun memiliki duri untuk melindungi diri, sementara daun lainnya tebal dan kuat untuk bertahan di udara dingin.

1) *Struktur daun*

Daun berbentuk pipih melebar dan berwarna hijau. Daun ditopang oleh tangkai daun. Tangkai daun berhubungan dengan tulang daun. Tulang daun bercabang-cabang membentuk jaring-jaring pembuluh angkut. Struktur daun dibedakan atas struktur luar dan struktur dalam.



Sumber: www.cnr.vt.edu, 2006.
Gambar 2.14 Struktur luar daun.

a) *Struktur luar*

Secara morfologi daun terdiri dari:

- Helaian daun (*lamina*).
- Tangkai daun (*petiolus*), terdapat bagian yang menempel pada batang disebut pangkal tangkai daun. Ada tumbuhan tertentu yang daunnya tidak bertangkai daun, misalnya rumput.

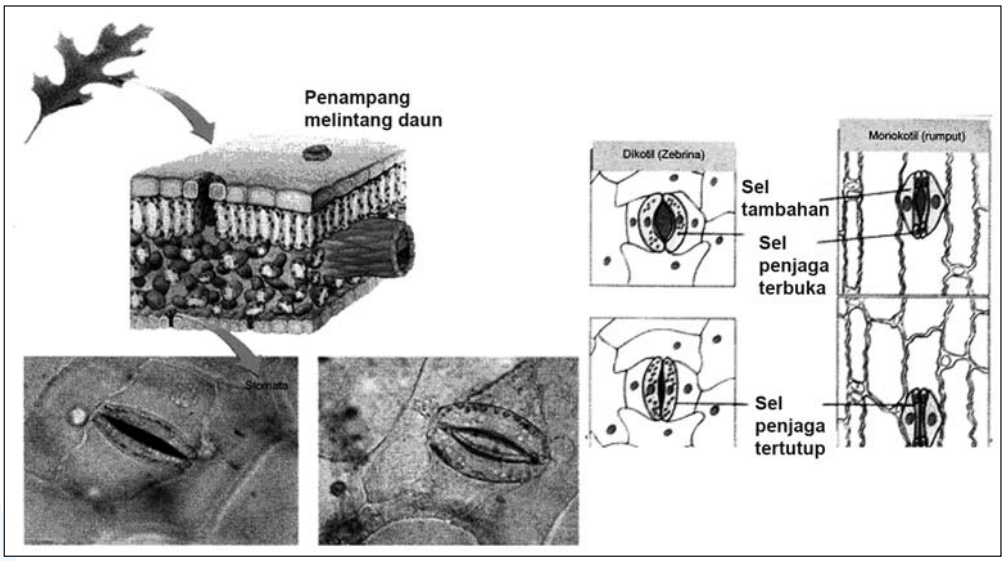
– Pelepah daun *(folius)*, pada tumbuhan monokotil pangkal daun pipih dan lebar serta membungkus batangnya. Misalnya: pelepah daun pisang dan pelepah daun talas.

Daun yang memiliki ketiga bagian tersebut disebut daun sempurna, misalnya daun pisang dan daun talas. Daun yang tidak memiliki satu atau lebih bagian daun disebut daun tidak sempurna, misalnya daun mangga dan daun jambu.

Pada lembaran permukaaan daun terdapat tulang atau urat daun. Tipe tulang daun ada empat macam, yaitu:
– menyirip, misalnya pada daun mangga,
– menjari, misalnya pada daun pepaya,
– melengkung, misalnya pada daun gadung,
– sejajar, misalnya pada daun jagung,

Tumbuhan dikotil umumnya memiliki daun dengan susunan tulang daun menyirip dan menjari. Sedangkan tumbuhan monokotil memiliki daun dengan susunan tulang daun sejajar atau melengkung.

b) Struktur dalam



Sumber: Stockley, Kamus Biologi Bergambar, 2005, Hal. 21.

Gambar 2.15 *Stomata daun.*

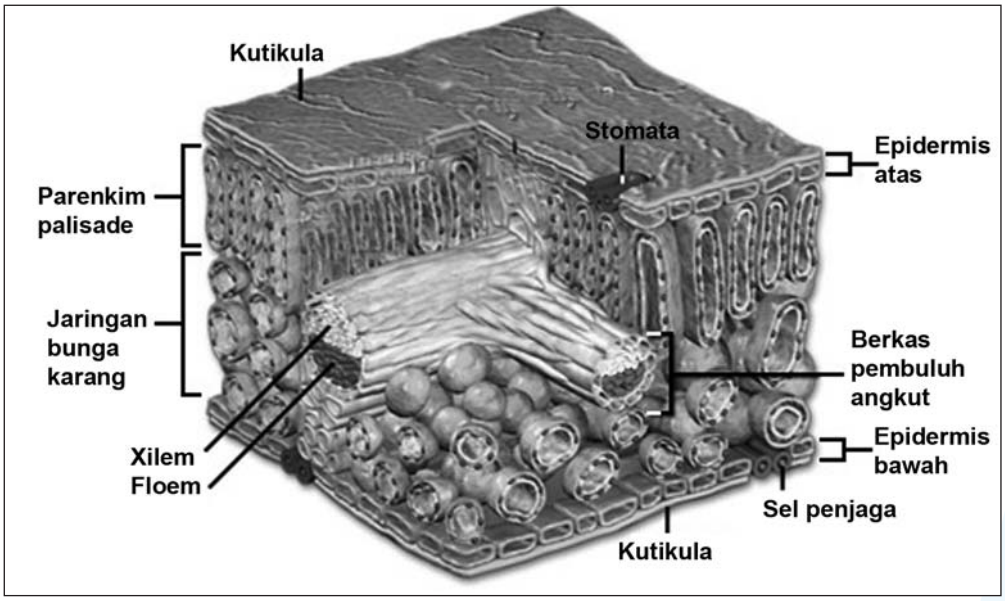
(1) Epidermis
Epidermis merupakan lapisan terluar daun. Epidermis dibedakan menjadi epidermis atas dan epidermis bawah. Untuk mencegah penguapan yang terlalu besar, lapisan epidermis dilapisi oleh lapisan *kutikula*. Pada lapisan ini tidak terdapat ruang antarsel. Di antara sel epidermis terdapat stomata/mulut daun, yang berguna untuk tempat berlangsungnya pertukaran gas dari dan ke luar tubuh tumbuhan. Stomata pada permukaan bawah daun letaknya

tersebar dan jumlahnya lebih banyak daripada permukaan atas daun. Pada tumbuhan teresterial, stomata banyak dijumpai pada bagian bawah permukaan daun, sedangkan pada tumbuhan air stomata lebih banyak terdapat pada permukaan atas daun. Perhatikan gambar 2.15.

(2) Mesofil

Mesofil daun merupakan jaringan dasar yang tersusun atas dua lapisan sel, yakni *palisade* (jaringan pagar) dan *spons parenkim* (jaringan bunga karang). Kedua jaringan mengandung kloroplas. Jaringan pagar sel-selnya rapat sedang jaringan bunga karang sel-selnya agak renggang, sehingga masih terdapat ruang-ruang antarsel. Kegiatan fotosintesis lebih aktif pada jaringan pagar karena kloroplasnya lebih banyak daripada jaringan bunga karang. Perhatikan gambar 2.16.

Proses fotosintesis terjadi di semua sel penyusun jaringan spons yang berbentuk membulat. Pada jaringan ini terdapat ruang antarsel. Ciri khas jaringan spons yaitu adanya lekukan-lekukan yang menjadi penghubung antarsel.



Sumber: Micro.magnet.fsu.edu, 2006.

Gambar 2.16 *Struktur dalam daun.*

(3) Jaringan pembuluh

Jaringan pembuluh daun (xilem dan floem) merupakan lanjutan dari jaringan batang dan tangkai daun. Jaringan pembuluh terdapat di dalam tulang daun dan urat-urat daun.

C. Jaringan Hewan

Seperti halnya tumbuhan, hewan juga tersusun atas sel-sel. Sel-sel tersebut bersatu membentuk jaringan-jaringan yang terdapat pada organ. Pada hewan bersel banyak, kumpulan sel-sel yang memiliki bentuk dan fungsi yang sama akan membentuk jaringan, jaringan-jaringan yang berbeda akan bergabung membentuk organ tubuh, organ-organ tubuh akan bergabung membentuk sistem organ tubuh, sistem organ tubuh akhirnya akan bergabung membentuk organisme (hewan). Pada hewan tingkat tinggi (mamalia) dibedakan empat tipe jaringan dasar, yaitu jaringan epitel, jaringan pengikat, jaringan saraf, dan jaringan otot.

1. *Jaringan Epitel*

Jaringan epitel terdiri atas sel-sel yang terikat satu sama lain. Jaringan epitel adalah jaringan yang melapisi permukaan tubuh (*epitelium*), membatasi antarorgan (*mesotelium*), atau membatasi organ dengan rongga dalam tubuh (*endotelium*).

Sel-sel epitelium terikat kuat satu sama lain oleh material yang berada di antara sel-sel. Adanya ikatan yang kuat tersebut memungkinkan jaringan epitel sebagai pelindung yang melindungi tubuh dari luka secara mekanik, serangan mikro-organisme, dan kehilangan cairan.

Berdasarkan bentuk dan susunannya jaringan epitel dibagi menjadi tiga, yaitu epitel pipih, epitel batang, dan epitel kubus.

a. *Epitel pipih*

Epitel pipih memiliki bentuk, nukleusnya bulat, dan terletak di tengah. Berdasarkan lapisan penyusunnya, jaringan epitel pipih dibagi menjadi beberapa jenis, yaitu:

1) Epitel pipih selapis

Jaringan epitel pipih selapis disusun oleh selapis sel yang berbentuk pipih dan tersusun sangat rapat. Jaringan ini berfungsi dalam proses difusi, osmosis, filtrasi, dan sekresi. Contoh: pada pembuluh darah, alveolus, pembuluh limfa, glomerulus, dan ginjal.

2) Epitel pipih berlapis banyak

Jaringan epitel berlapis banyak disusun oleh lebih dari satu sel yang berbentuk pipih dan tersusun sangat rapat. Fungsi jaringan ini adalah sebagai pelindung. Contoh: pada kulit, rongga mulut, dan vagina.

Biologi Kita

Fungsi Epitel

Epitel merupakan jaringan yang terletak paling luar pada berbagai organ manusia maupun hewan. Epitel memiliki fungsi mengangkut bahan-bahan dari dan ke jaringan dan rongga yang dipisahkannya. Epitel silindris pada saluran pencernaan mampu mengeluarkan enzim pencernaan ke dalam usus. Epitel yang melapisi tabung air dan rongga paru-paru mampu mengeluarkan mukus untuk melindungi dirinya terhadap kekeringan dan untuk menangkap partikel-partikel debu yang terhirup.

Sumber: *Kimball, Biologi Jilid 1, 2004.*

b. Epitel batang (silindris)

Epitel batang berbentuk seperti batang, nukleusnya bulat, dan terletak di dasar sel.

1) Epitel silindris selapis

Jaringan epitel silindris selapis disusun oleh selapis sel yang berbentuk batang. Contoh: pada lambung, jonjot usus, kantung empedu, saluran pernapasan bagian atas.

2) Epitel silindris berlapis banyak

Jaringan epitel silindris berlapis banyak disusun oleh lebih dari satu sel yang berbentuk batang. Contoh: pada saluran kelenjar ludah dan uretra.

c. Epitel kubus

Epitel kubus berbentuk seperti kubus, nukleusnya bulat, besar, dan terletak di tengah. Berdasarkan lapisan penyusunnya, maka epitel kubus dibagi menjadi:

1) Epitel kubus selapis

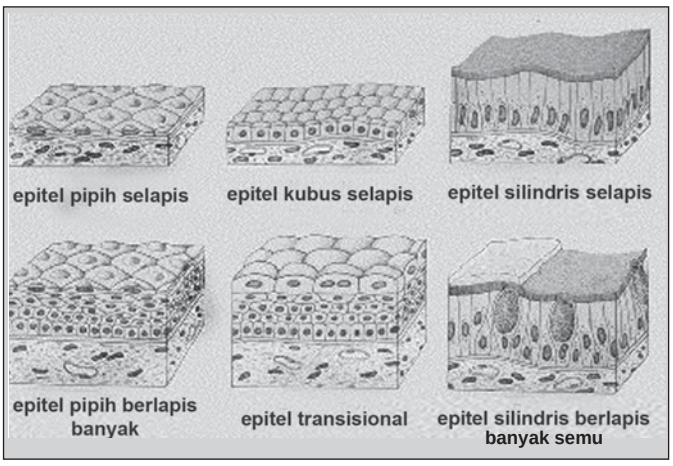
Jaringan epitel kubus selapis disusun oleh selapis sel yang berbentuk kubus. Jaringan ini berfungsi dalam sekresi dan sebagai pelindung. Contoh: pada kelenjar tiroid, permukaan ovarium, dan lensa mata.

2) Epitel kubus berlapis banyak

Jaringan epitel kubus berlapis banyak disusun oleh lebih dari satu sel yang berbentuk kubus. Jaringan ini berfungsi dalam sekresi dan absorpsi. Contoh: pada saluran kelenjar minyak dan kelenjar keringat pada kulit.

3) Epitel kubus berlapis banyak semu

Jaringan epitel kubus berlapis banyak semu berfungsi sebagai perlindungan, sekresi, dan gerakan zat yang melewati permukaan. Epitel ini sebenarnya tersusun atas selapis sel epitel batang namun ketinggian sel yang menyusun tidak sama. Akibatnya, epitel ini nampak berlapis. Contoh pada rongga hidung dan trakea



Sumber: www.wisc.edu, 2006.

Gambar 2.17 *Macam-macam jaringan epitel pada hewan.*

Jaringan epitel terdiri dari:
- Epitel pipih
- Epitel batang (silindris)
- Epitel kubus

d. Epitel transisional

Epitel ini memiliki bentuk sel yang berubah-ubah dan berlapis-lapis. Bila jaringan ini menggelembung, maka sel-sel bagian dasar berbentuk kubus atau silindris. Pada lapisan tengah selnya berbentuk kubus dan pada lapisan atas berbentuk pipih. Contoh pada kantung kemih.

2. Jaringan Pengikat (Konektif)

Jaringan ikat disebut juga jaringan penyokong atau jaringan penunjang. Jaringan ikat terdiri atas serabut, sel-sel, dan cairan ekstraseluler. Cairan ekstraseluler dan serabut disebut matriks.

Jaringan pengikat mempunyai kerapatan sel yang longgar dan sel-selnya tersebar di antara matriks-matriks ekstraseluler. Matriks tersusun dari serabut yang diselubungi oleh media dasar yang bisa berupa cairan, gel, ataupun padat. Kebanyakan matriks-matriks tersebut disekresikan oleh sel-sel pengikat itu sendiri. Serabut pada jaringan ikat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu:

- *Serabut kolagen*, tersusun dari kolagen, bersifat tidak elastis, dan tidak gampang sobek jika ditarik memanjang.
- *Serabut elastis*, tersusun oleh protein yang disebut elastin dan bersifat seperti karet.
- *Serabut retikuler*, sangat tipis, bercabang, serat tersusun oleh kolagen dan dilanjutkan oleh serabut-serabut kolagen.

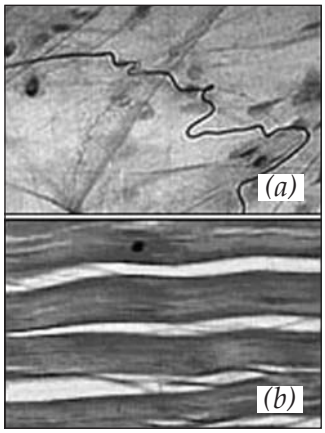
Fungsi jaringan ikat adalah mengikat atau mempersatukan jaringan-jaringan menjadi organ dan berbagai organ menjadi sistem organ serta menjadi selubung organ dan melindungi jaringan atau organ tubuh. Berdasarkan struktur dan fungsinya jaringan ikat dibedakan menjadi berikut ini.

a. Jaringan ikat longgar

Ciri-ciri jaringan ikat longgar adalah sel-selnya jarang dan sebagian jaringannya tersusun atas matriks yang mengandung serabut kolagen dan serabut elastis. Jaringan ikat longgar terdapat di sekitar organ-organ, pembuluh darah, dan saraf. Fungsi jaringan ikat longgar untuk membungkus organ-organ tubuh, pembuluh darah, dan saraf.

b. Jaringan ikat padat

Nama lain jaringan ikat padat adalah serabut putih, karena terbuat dari serabut kolagen yang berwarna putih. Jaringan ini terdapat pada selaput urat, selaput pembungkus otot, fasia, ligamen, dan tendon.



Sumber: www.wikipedia.org, 2006.

Gambar 2.18 Jaringan ikat (a) longgar, (b) padat.

Fasia adalah jaringan ikat berbentuk lembaran yang menyelimuti otot. Ligamen adalah jaringan ikat yang berperan sebagai penghubung antartulang.

Tendon adalah ujung otot yang melekat pada tulang. Fungsi jaringan ikat padat untuk menghubungkan berbagai organ tubuh seperti otot dengan tulang-tulang, tulang dengan tulang, juga memberikan perlindungan terhadap organ tubuh.

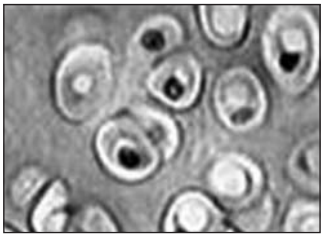
c. *Jaringan tulang rawan (kartilago)*

Jaringan tulang rawan pada anak-anak berasal dari jaringan embrional yang disebut *mesenkim*. Pada orang dewasa berasal dari selaput tulang rawan atau *perikondrium* yang banyak mengandung *kondroblas* atau pembentuk sel-sel tulang rawan. Fungsinya untuk menyokong kerangka tubuh.

Ada 3 macam jaringan tulang rawan, yaitu:

1) *Kartilago hialin*

Matriks kartilago hialin bening kebiruan. Terdapat pada permukaan tulang sendi, cincin tulang rawan pada batang tenggorok dan cabang batang tenggorok, ujung tulang rusuk yang melekat pada tulang dada, dan pada ujung tulang panjang.

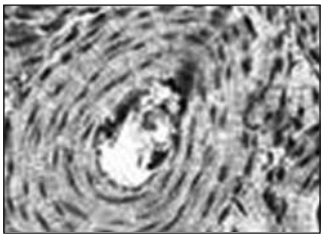


Sumber: www.wikipedia.org, 2006.
Gambar 2.19 Jaringan kartilago.

Kartilago hialin merupakan bagian terbesar dari kerangka embrio. Selain itu kartilago hialin juga membantu pergerakan persendian, menguatkan saluran pernapasan, memberi kemungkinan pertumbuhan memanjang tulang pipa, dan memberi kemungkinan tulang rusuk bergerak saat bernapas.

2) *Kartilago fibrosa*

Matriks kartilago fibrosa berwarna gelap dan keruh. Jaringan ini terdapat pada perekatan ligamen-ligamen tertentu pada tulang, persendian tulang pinggang, dan pada pertautan antartulang kemaluan kiri dan kanan. Fungsi utama untuk memberikan proteksi dan penyokong.



Sumber: www.wikipedia.org, 2006.
Gambar 2.20 Jaringan tulang.

3) *Kartilago elastis*

Matriks kartilago elastis berwarna keruh kekuning-kuningan. Jaringan ini terdapat pada daun telinga, epiglotis, pembuluh, dan laring.

d. *Jaringan tulang sejati*

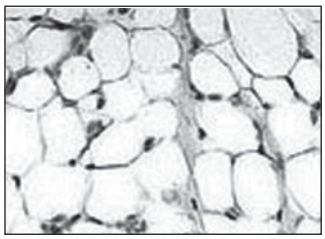
Jaringan tulang sejati terdiri dari sel-sel tulang atau osteon yang tersimpan di dalam matriks. Matriksnya terdiri dari zat perekat kolagen dan endapan garam-garam mineral terutama garam kalsium (kapur). Tulang merupakan komponen utama dari kerangka tubuh dan berperan untuk melindungi alat-alat tubuh dan tempat melekatnya otot kerangka.

Tulang sejati dapat dibagi menjadi 2 macam, yaitu:

1) *Tulang padat (kompak)*, bila matriks tulang rapat dan padat.
 Contoh: tulang pipa.
2) *Tulang spons*, bila matriksnya berongga.
 Contoh: tulang pendek.

e. Jaringan lemak

Nama lain jaringan lemak adalah jaringan *adiposa*. Jaringan ini terdapat di seluruh tubuh. Fungsinya untuk menyimpan lemak, untuk cadangan makanan, dan mencegah hilangnya panas secara berlebihan.



Sumber: www.wikipedia.org, 2006.

Gambar 2.21 Jaringan lemak.

f. Jaringan darah

Jaringan darah merupakan jaringan ikat istimewa, karena berupa cairan. Bagian-bagian dari jaringan darah adalah:

1) *Sel darah*

Sel darah dibagi menjadi sel darah merah (*eritrosit*) berfungsi untuk mengangkut oksigen dan sel darah putih (*leukosit*) berfungsi untuk melawan benda-benda asing yang masuk ke dalam tubuh.

2) *Keping-keping darah (trombosit)*

Berfungsi dalam proses pembekuan darah.

3) *Plasma darah*

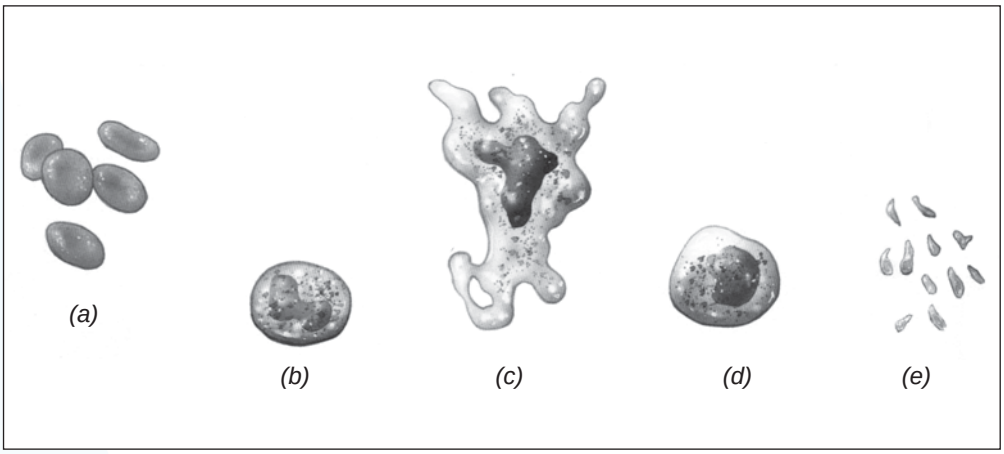
Komponen terbesar adalah air, berperan mengangkut sari makanan, hormon, zat sisa hasil metabolisme, antibodi, dan lain-lain.

Jaringan ikat terdiri dari:
- Jaringan ikat padat
- Jaringan ikat longgar
- Kartilago
- Jaringan tulang sejati
- Jaringan adiposa
- Darah
- Limfa

g. Jaringan limfa/getah bening

Komponen terbesarnya dari jaringan limfa adalah air di mana terlarut zat-zat antara lain glukosa, garam-garam, dan asam lemak. Komponen selulernya adalah limfosit.

Jaringan limfa menyebar ke seluruh tubuh melalui pembuluh limfa. Fungsi jaringan limfa selain untuk kekebalan tubuh juga untuk mengangkut cairan jaringan, protein, lemak, garam mineral, dan zat-zat lain dari jaringan ke sistem pembuluh darah.



Sumber: Under The Microscope, Heart, 2005, Hal. 30.

Gambar 2.22 (a) eritrosit, (b) monosit, (c) neutrofil, (d) limfosit, (e) trombosit.

3. Jaringan Otot

Jaringan otot tersusun atas sel-sel otot yang fungsinya menggerakkan organ-organ tubuh. Kemampuan tersebut disebabkan karena jaringan otot mampu berkontraksi. Kontraksi otot dapat berlangsung karena molekul-molekul protein yang membangun sel otot dapat memanjang dan memendek. Jaringan otot dapat dibedakan menjadi 3 macam yaitu otot polos, otot lurik, dan otot jantung.

a. Jaringan otot polos

Jaringan otot polos mempunyai serabut-serabut (fibril) yang homogen sehingga bila diamati di bawah mikroskop tampak polos atau tidak bergaris-garis. Otot polos berkontraksi secara refleks dan di bawah pengaruh saraf otonom. Bila otot polos dirangsang, reaksinya lambat. Otot polos terdapat pada saluran pencernaan, dinding pembuluh darah, dan saluran pernapasan.

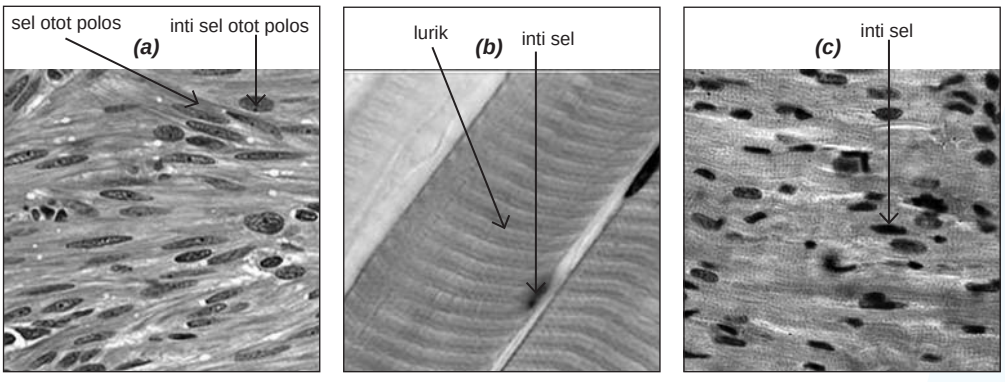
b. Jaringan otot lurik

Nama lain otot lurik adalah jaringan otot kerangka karena sebagian besar jenis otot ini melekat pada kerangka tubuh. Kontraksinya menurut kehendak kita dan di bawah pengaruh saraf sadar. Kontraksi otot lurik berlangsung cepat bila menerima rangsangan. Fungsi otot lurik untuk menggerakkan tulang dan melindungi kerangka dari benturan keras.

Dinamakan otot lurik karena bila dilihat di bawah mikroskop tampak adanya garis gelap dan terang berselang-seling melintang di sepanjang serabut otot. Oleh sebab itu nama lain dari otot lurik adalah otot serat lintang.

c. Jaringan otot jantung/miokardium

Jaringan otot ini hanya terdapat pada lapisan tengah dinding jantung. Strukturnya menyerupai otot lurik, meskipun begitu kontraksi otot jantung secara refleks serta reaksi terhadap rangsang lambat. Fungsi otot jantung adalah untuk memompa darah ke luar jantung.



Sumber: www.hwscience.com, 2006. **Sumber:** www.mhhe.com, 2006. **Sumber:** www.cas.vanderbilt.edu, 2006.

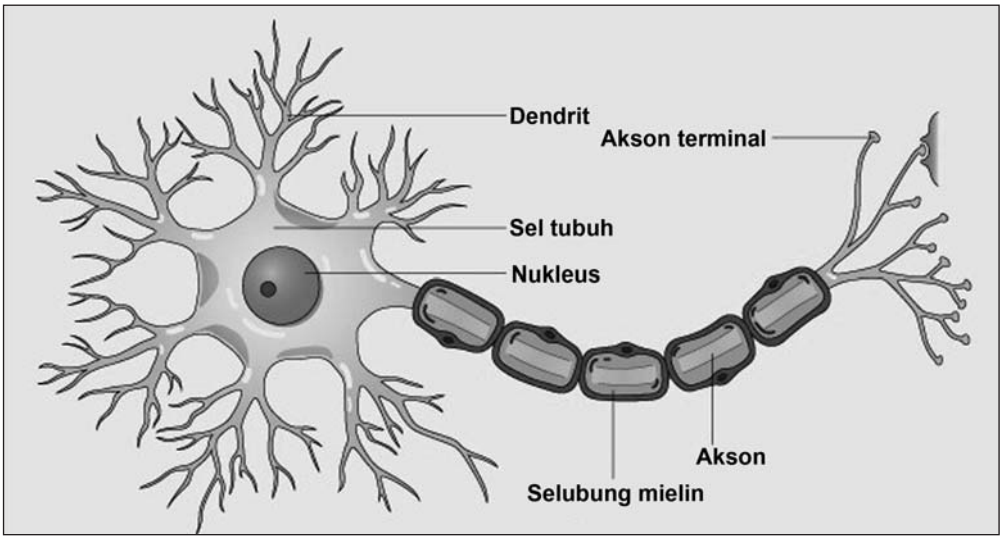
Gambar 2.23 *(a) Jaringan otot polos, (b) Jaringan otot lurik, (c) Jaringan otot jantung.*

4. *Jaringan Saraf*

Jaringan saraf tersusun atas sel-sel saraf atau neuron. Tiap neuron terdiri atas badan sel saraf, cabang dendrit, dan cabang akson. Cabang-cabang inilah yang menghubungkan tiap-tiap sel saraf sehingga membentuk jaringan saraf. Perhatikan gambar 2.24. Terdapat 3 macam sel saraf yaitu sel saraf sensorik, sel saraf motorik, dan sel saraf penghubung.

a) *Sel saraf sensorik,* berfungsi menghantarkan rangsangan dari reseptor (penerima rangsangan) ke sumsum saraf pusat.
b) *Sel saraf motorik,* berfungsi menghantarkan impuls motorik dari susunan saraf pusat ke efektor.
c) *Sel saraf penghubung,* merupakan penghubung sel saraf yang satu dengan sel saraf yang lain.

Sel saraf mempunyai kemampuan iritabilitas dan konduktivitas. *Iritabilitas* artinya kemampuan sel saraf untuk bereaksi terhadap perubahan lingkungan. *Konduktivitas* artinya kemampuan sel saraf untuk membawa impuls-impuls saraf.



Sumber: www.usm.maine.edu, 2006.

Gambar 2.24 *Jaringan saraf.*

5. *Organ Hewan*

Kumpulan dari berbagai macam jaringan yang melaksanakan suatu tugas tertentu disebut dengan organ. Derajat dari organisme ditentukan dari makin beragamnya organ yang dimiliki. Sebagai contoh organ adalah usus dan trakea.

a. Usus

Usus merupakan bagian dari sistem pencernaan. Disusun dari beberapa jaringan, susunan dari luar ke dalam adalah:

- Jaringan ikat serosa, fungsinya untuk menggantungkan usus ke organ lain.

- Jaringan otot polos memanjang.
- Jaringan otot polos melingkar.
- Jaringan ikat longgar.
- Jaringan otot polos mukosa.
- Jaringan ikat longgar mukosa.
- Jaringan epitel silindris yang merupakan jaringan terdalam dari rongga usus.

Di samping jaringan-jaringan tersebut di atas juga terdapat jaringan saraf, jaringan darah, dan lain-lain yang menunjang kerja usus.

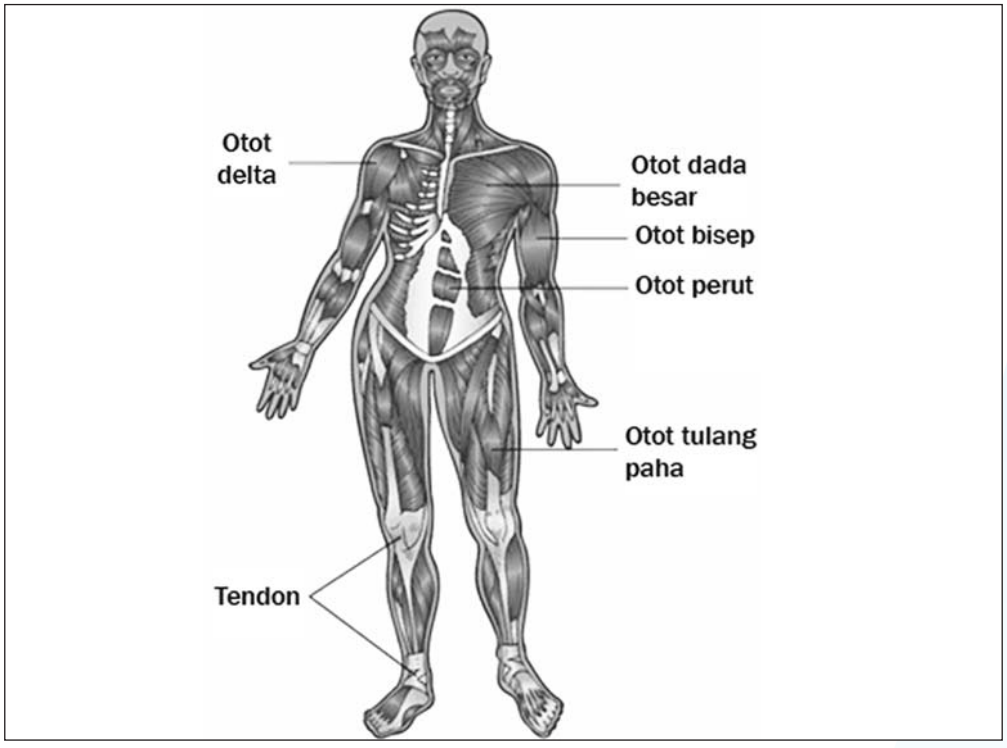
b. Trakea/batang tenggorok

Trakea merupakan bagian dari sistem pernapasan. Trakea disusun atas 3 lapis jaringan, dari luar ke dalam:

- Jaringan ikat padat.
- Jaringan tulang rawan dan jaringan otot polos.
- Jaringan epitel silindris berlapis banyak semu atau epitel silindris bersilia.

Berdasarkan letaknya, organ dikelompokkan menjadi dua, yaitu organ dalam dan organ luar. Organ dalam tubuh misalnya lambung dan usus. Sedangkan organ luar tubuh misalnya mata, telinga, dan hidung.

6. Sistem Organ



Sumber: *www.kidshealth.org, 2006.*

Gambar 2.25 *Sistem organ otot.*

Kumpulan dari berbagai organ dan menjalankan tugas tertentu disebut sistem organ. Setiap organ memegang peranan yang sangat penting dalam menjalankan fungsinya.

Sistem organ yang terdapat dalam tubuh manusia antara lain: sistem rangka, sistem otot, sistem sirkulasi, sistem pencernaan, sistem respirasi/ pernapasan, sistem ekskresi, sistem saraf, sistem integumen, sistem hormon, dan sistem reproduksi.

Tabel 2.1 Komponen Utama Sistem Organ dan Fungsinya Pada Hewan Mamalia

No.	Sistem Organ	Komponen Utama	Fungsi Utama
1.	Rangka	Tulang, tendon, ligamen, dan kartilago	Penopang tubuh dan proteksi internal
2.	Otot	Otot skeletal	Pergerakan, perpindahan
3.	Peredaran darah	Darah, Jantung, dan Pembuluh darah	Mengedarkan oksigen, sari makanan, dan fungsi transportasi yang lain
4.	Pencernaan	Mulut, faring, esofagus, perut, intestinum, hati, pankreas, dan anus	Pemrosesan makanan (menelan, mencerna, menyerap, dan eliminasi)
5.	Respirasi	Paru-paru, trakea, dan organ pernapasan yang lain	Pertukaran gas (menghisap O_2 dan mengeluarkan CO_2)
6.	Ekskresi	Ginjal, uretra, dan ureter	Mengeluarkan sisa metabolisme, mengatur keseimbangan osmosis darah
7.	Saraf	Otak, sumsum, saraf, dan organ sensori	Koordinasi aktivitas tubuh
8.	Integumen	Kulit dan turunannya (rambut, kuku, dan kelenjar kulit)	Perlindungan melawan luka secara mekanik, infeksi, dan kekeringan
9.	Hormon	Pituitary, tiroid, pankreas, dsb.	Koordinasi aktivitas tubuh
10.	Reproduksi	Ovarium, testis, dan organ yang berhubungan	Reproduksi

Rangkuman

1. Sel-sel yang menyatu dan berdeferensiasi akan membentuk jaringan.
2. Sekumpulan sel dengan bentuk, fungsi, dan sifat yang sama disebut dengan jaringan.
3. Jaringan pada tumbuhan dibedakan menjadi dua, yaitu jaringan meristem dan jaringan dewasa.
4. Jaringan meristem terdiri atas sekelompok sel yang tetap dalam fase pertumbuhan dan terus-menerus membelah.
5. Berdasarkan asal-usulnya, jaringan meristem dapat dikelompokkan menjadi tiga macam, yaitu promeristem, jaringan meristem primer, dan jaringan meristem sekunder.
6. Jaringan dewasa adalah jaringan yang sudah berhenti membelah. Jaringan dewasa dapat dibagi menjadi beberapa macam yaitu jaraingan epidermis, jaringan parenkim, jaringan penyokong, jaringan pengangkut, dan jaringan gabus.
7. Tumbuhan memiliki organ utama yaitu akar, batang, dan daun.
8. Pada hewan tingkat tinggi memiliki empat tipe jaringan dasar, yaitu jaringan epitel, jaringan pengikat (konektif), jaringan saraf, dan jaringan otot.
9. Jaringan epitel terdiri atas epitel pipih, epitel batang, dan epitel kubus.
10. Jaringan pengikat (konektif) terdiri dan jaringan ikat padat, jaringan ikat longgar, kartilago, jaringan tulang sejati, jaringan lemak, jaringan darah, dan jaringan limfa.

Uji Kompetensi

I. Pilihan ganda

1. Jaringan adalah
 a. gabungan sejumlah sel sejenis yang mempunyai fungsi khusus
 b. gabungan sejumlah sel sejenis yang belum mempunyai fungsi
 c. gabungan sejumlah sel tidak sejenis yang mempunyai fungsi khusus
 d. gabungan sejumlah sel tidak sejenis yang belum mempunyai fungsi khusus
 e. salah semua

2. *Beberapa jaringan pada tumbuhan:*
 1. *epidermis*
 2. *sklerenkim*
 3. *kambium*
 4. *xilem*
 5. *palisade*

 Jaringan yang hanya terdapat pada organ daun yaitu
 a. 1, 2, dan 3
 b. 1,3, dan 4
 c. 1, 3, dan 5
 d. 1, 4, dan 5
 e. 2, 3, dan 5
3. Bila melihat penampang daun di bawah mikroskop, terdapat palisade yang tersusun rapat, terletak di bawah epidermis atas.
 Struktur organ daun tersebut erat hubungannya dengan
 a. pengambilan oksigen
 b. penguapan uap air
 c. pengeluaran karbon dioksida
 d. asimilasi karbon
 e. penyerapan karbon dioksida
4. Adanya lingkaran tahun pada pohon disebabkan oleh
 a. aktivitas kolagen di korteks
 b. kelanjutan aktivitas dari tunas
 c. pembelahan aktif sel-sel xilem yang hidup
 d. penambahan lignin pada xilem sekunder
 e. adanya jaringan meristem di antara jaringan pembuluh
5. Endodermis pada penampang melintang akar tumbuhan dikotil terdapat di
 a. bagian epidermis
 b. bagian tengah jaringan korteks
 c. antara korteks dan silinder pusat
 d. antara floem dan xilem
 e. sebelah dalam kambium
6. Jaringan berikut termasuk jaringan silinder pusat batang tumbuhan dikotil, *kecuali*
 a. perisikel
 b. ikatan pembuluh
 c. kambium
 d. endodermis
 e. empulur
7. Pada akar tanaman dikotil titik-titik kaspari terdapat pada
 a. floeterma
 b. aksodermis
 c. endodermis
 d. xilem
 e. perisikel

8. Pembentukan akar cabang pada tumbuhan dikotil terjadi karena aktivitas
 a. floem
 b. endodermis
 c. parenkim
 d. perisikel
 e. korteks
9. Pembentukan lapisan gabus pada batang suatu tumbuhan disebut
 a. perikambium
 b. prokambium
 c. perisikel
 d. felem
 e. felogen
10. Fungsi tudung akar pada bagian ujung akar adalah
 a. menyerap unsur hara
 b. melindungi titik tumbuh akar
 c. membantu membelah batuan
 d. membantu menembus tanah
 e. menghindarkan akar dari luka
11. Zat-zat berikut ini merupakan bahan pembangun dinding sel tumbuhan, *kecuali*
 a. pektin
 b. protein
 c. suberin
 d. selulose
 e. lignin
12. *Berikut ini organ-organ tubuh manusia:*
 1. kulit
 2. kuku
 3. rambut
 4. pankreas
 5. hati

 Organ-organ yang berasal dari lapisan endoderm adalah
 a. 1, 2 dan 3
 b. 2, 3, dan 4
 c. 2, 3, dan 5
 d. 3, 5, dan 6
 e. 4, 5, dan 6
13. Berikut ini yang tidak termasuk jaringan adalah
 a. membran mukosa yang melapisi dinding lambung
 b. kartilago
 c. darah
 d. otot jantung
 e. otak

14. *Suatu jaringan memiliki ciri-ciri sebagai berikut:*
 1. *gelap dan keruh*
 2. *sumber kalogen tersusun sejajar membentuk satu berkas*
 3. *terdapat pada persendian tulang pinggang*

 Jaringan itu adalah
 a. rawan hialin
 b. rawan fibrosa
 c. rawan elastis
 d. tulang kompak
 e. tulang spons

15. *Berikut ini beberapa organ tubuh manusia:*
 1. *paru-paru*
 2. *jantung*
 3. *pembuluh limfa*
 4. *trakea*
 5. *vena porta hepatica*

 Organ-organ yang menyusun sistem transportasi adalah
 a. 1, 2, dan 3
 b. 1, 3, dan 5
 c. 2, 3, dan 4
 d. 2, 3, dan 5
 e. 3, 4, dan 5

II. Uraian

1. Sebutkan lima macam jaringan tumbuhan!
2. Sebutkan macam-macam organ pokok pada tumbuhan!
3. Sebutkan empat macam jaringan yang terdapat pada vertebrata dan manusia!
4. Sebutkan perbedaan dari ketiga jaringan otot!
5. Sebutkan fungsi dan jenis-jenis jaringan epitel!

Bab 3

Sistem Gerak pada Manusia



Kata-Kata Kunci

Osteon
Kartilago
Otot rangka
Otot polos
Otot jantung

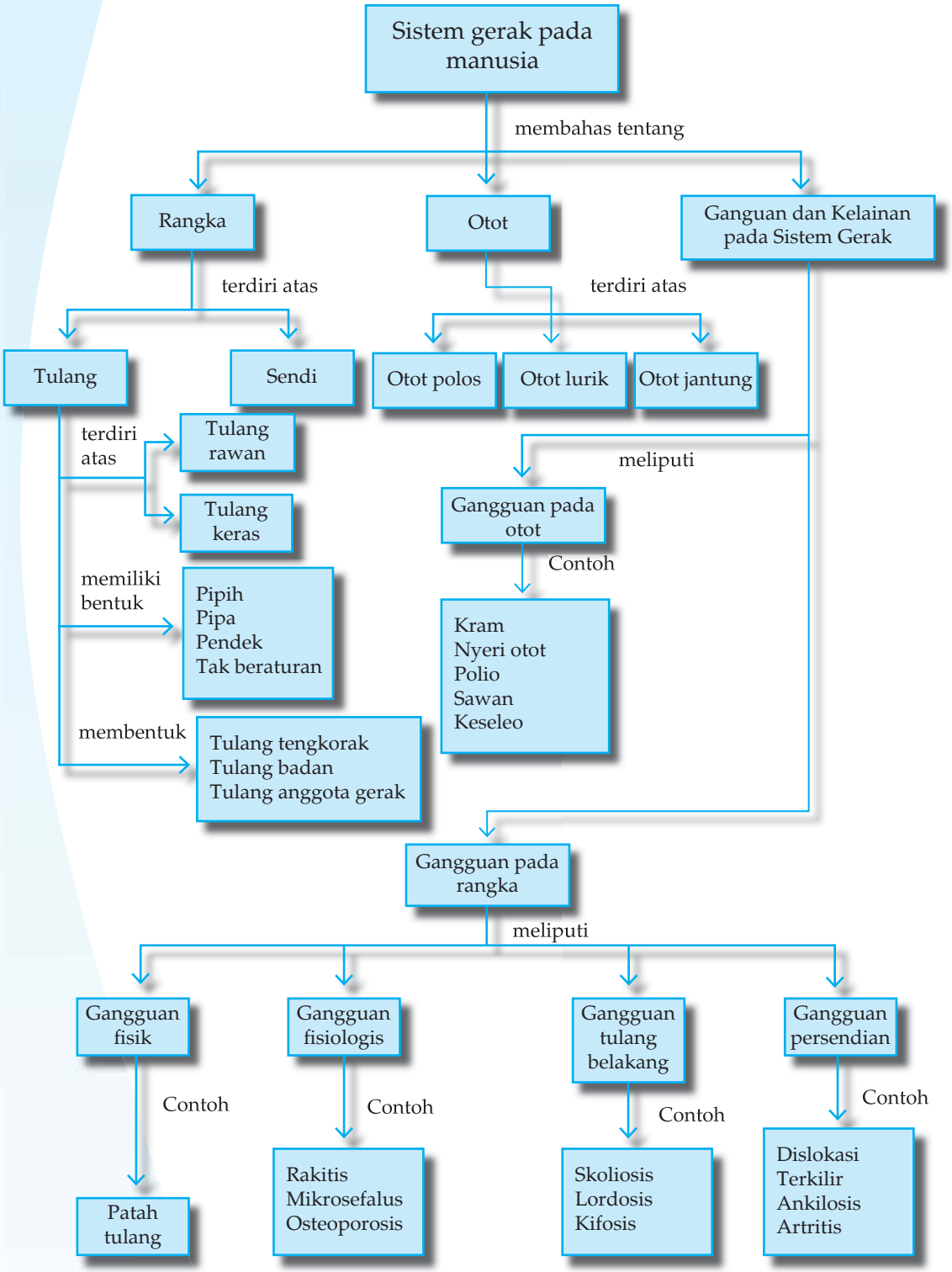
Sumber: *Microsoft Encarta, 2005.*

Tak terasa dalam melakukan kegiatan sehari-hari, kita selalu melibatkan gerak. Entah untuk tersenyum, berlari, bersepeda, atau berjalan. Gerak tersebut terjadi karena kita memiliki rangka dan otot. Bagaimana kedua sistem organ tersebut berkoordinasi melakukan gerak? Apa penyusun rangka dan otot sehingga dapat menghasilkan gerak?

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi yang terdapat dalam bab ini diharapkan siswa mampu menyelesaikan mekanisme terjadinya gerak pada manusia serta mengetahui berbagai penyakit yang mengganggu sistem gerak pada manusia.

Peta Konsep


Sistem gerak pada manusia
membahas tentang
Rangka
Otot
Ganguan dan Kelainan pada Sistem Gerak
terdiri atas
terdiri atas
Tulang
Sendi
Otot polos
Otot lurik
Otot jantung
terdiri atas
Tulang rawan
Tulang keras
meliputi
Gangguan pada otot
Contoh
Kram
Nyeri otot
Polio
Sawan
Keseleo
memiliki bentuk
Pipih
Pipa
Pendek
Tak beraturan
membentuk
Tulang tengkorak
Tulang badan
Tulang anggota gerak
Gangguan pada rangka
meliputi
Gangguan fisik
Gangguan fisiologis
Gangguan tulang belakang
Gangguan persendian
Contoh
Contoh
Contoh
Contoh
Patah tulang
Rakitis
Mikrosefalus
Osteoporosis
Skoliosis
Lordosis
Kifosis
Dislokasi
Terkilir
Ankilosis
Artritis

A. Pendahuluan

Salah satu ciri organisme/makhluk hidup adalah bergerak. Tahukah kalian bagaimana makhluk hidup melakukan gerak? Manusia yang merupakan bagian dari makhluk hidup, juga melakukan gerakan dalam menjalankan aktivitasnya. Apa saja yang dibutuhkan manusia untuk melakukan gerakan?

Manusia membutuhkan tulang dan otot untuk bergerak. Tulang tidak dapat bergerak sendiri apabila tidak digerakkan oleh otot. Gerak adalah hasil interaksi antara tulang, otot, dan persendian tulang. Alat gerak pada manusia meliputi alat *gerak pasif* berupa tulang dan alat *gerak aktif* berupa otot.

Alat gerak pasif manusia yang berupa tulang terdiri atas tulang rawan dan tulang keras. Semua tulang ini akan bersama-sama menyusun rangka yang dikelompokkan menjadi tiga bagian, yaitu rangka kepala, rangka badan, dan rangka anggota gerak. Tulang-tulang yang menyusun sebuah rangka akan dihubungkan dengan sendi.

Sementara alat gerak aktif manusia yang berupa otot, terdiri atas otot polos, otot lurik, dan otot jantung. Otot ini memiliki kemampuan untuk berkontraksi untuk menciptakan gerakan. Kontraksi otot dipengaruhi oleh kerja saraf serta energi yang diperoleh dari proses metabolisme saat melakukan respirasi.

Sangat beruntung bagi kita (manusia) telah diciptakan Tuhan dengan memiliki tulang dan otot. Bayangkan apa yang akan terjadi jika salah satu tulang kalian, misalnya tulang pada kaki tidak ada. Dapatkah kalian berjalan?

B. Kerangka Tubuh Manusia

Kerangka manusia tersusun dari tulang-tulang, baik tulang yang panjang maupun tulang pendek. Tulang-tulang tersebut membentuk rangka dalam (endoskeleton) yang berfungsi:

- Memberikan bentuk tubuh.
- Menahan dan menegakkan tubuh.
- Menjaga agar organ tubuh tetap berada di tempatnya.
- Melindungi organ-organ tubuh seperti otak, jantung, dan paru-paru.
- Untuk bergerak ketika dikehendaki otot.
- Menghasilkan sel darah di dalam sumsum tulang.

Endoskeleton pada manusia dibagi menjadi 2 yaitu:

- Kerangka sumbu (skeleton aksial): tengkorak dan badan.
- Kerangka apendikular (tangan dan kaki)

1. *Jenis Tulang*

Tulang merupakan alat gerak pasif karena tidak dapat bergerak tanpa bantuan otot. Berdasarkan jenisnya, tulang dibedakan menjadi dua, yaitu tulang rawan (kartilago) dan tulang keras (tulang/osteon/sejati).

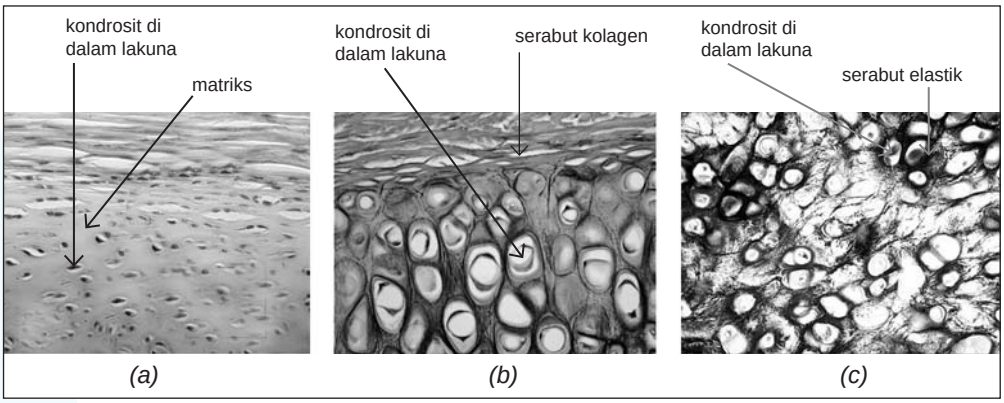
a. Tulang rawan

Tulang rawan bersifat lentur, tersusun atas sel-sel tulang rawan *(kondrosit)* yang mensekresikan matriks *(kondrin)* berupa hialin atau kolagen. Pada tulang rawan banyak mengandung zat perekat berupa kolagen dan sedikit mengandung zat kapur. Itulah sebabnya tulang rawan bersifat lentur. Sel-sel tulang rawan atau kondrosit dibentuk oleh *kondroblas*.

Pada masa bayi atau masa pertumbuhan sebagian besar tulang masih berupa tulang rawan. Seiring dengan pertumbuhan bayi dan pertambahan usia, tulang-tulang rawan mengalami penulangan (osifikasi) sehingga tulang tidak lentur lagi, melainkan tumbuh menjadi keras. Akan tetapi, tidak semua mengalami penulangan dan tetap berupa tulang rawan. Misalnya, pada bagian persendian, daun telinga, cuping hidung, dan ruas-ruas tulang belakang.

Tulang rawan memiliki tiga tipe, yaitu hialin, fibrosa, dan elastis. Perhatikan gambar 3.1. Ketiganya memiliki ciri-ciri sebagai berikut:

1) *Tulang rawan hialin*
 Tulang rawan hialin bersifat lentur, semi transparan, dan berwarna putih kebiruan. Tulang rawan ini merupakan penyusun rangka embrio yang akan berkembang menjadi tulang keras. Selain pada embrio, tulang rawan hialin juga terdapat pada sendi gerak ujung tulang rusuk, hidung, bronki, dan trakea.
2) *Tulang rawan fibrosa*
 Tulang rawan fibrosa memiliki banyak serabut kolagen dalam matriks. Matriksnya berwarna keruh dan gelap, serta kuat dan kaku. Tulang rawan fibrosa terdapat pada tendon dan ligamen.
3) *Tulang rawan elastis*
 Tulang rawan elastis berwarna kekuningan. Matriksnya mengandung serabut elastis. Tulang rawan elastis terdapat pada daun telinga.

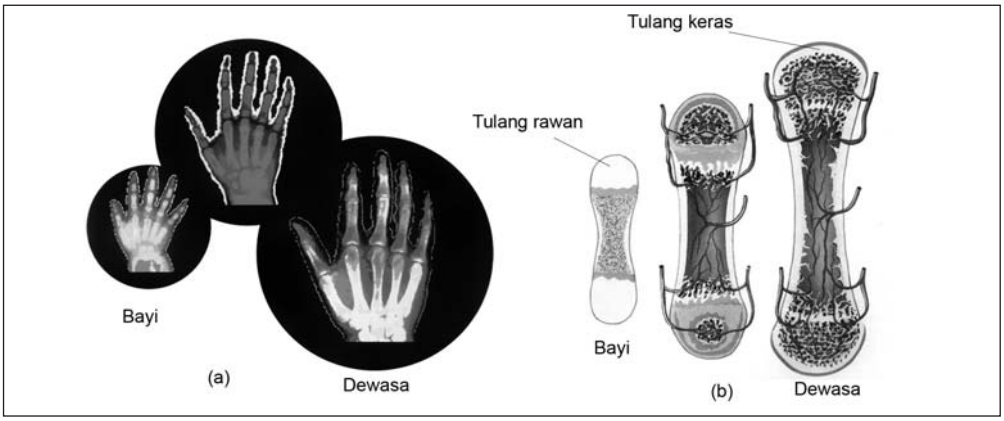


Sumber: *www.anatomy.dal.ca, www.virtual.yosemite.cc.ca.us, www.meded.ucsd.edu, 2006.*

Gambar 3.1 *Macam-macam tulang rawan (a) hialin, (b) fibrosa, (c) elastis.*

b. Tulang keras (tulang sejati)

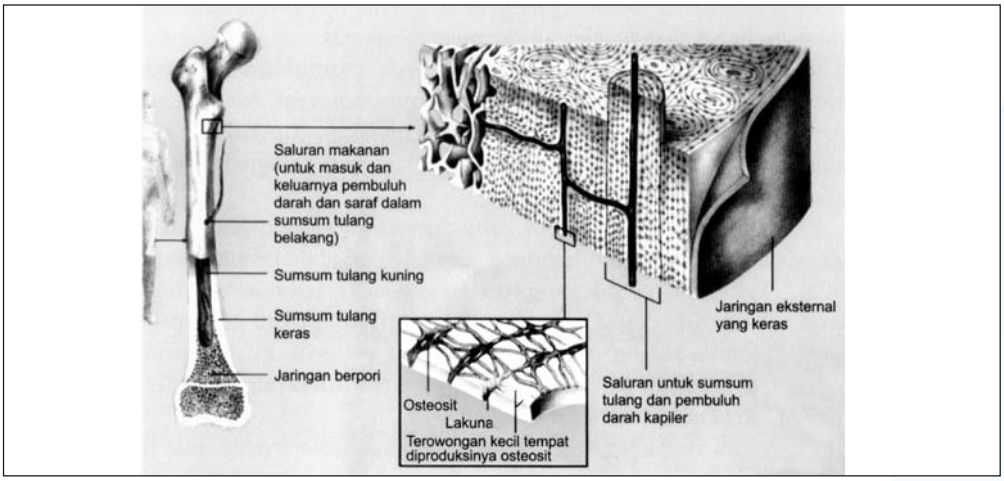
Pembentukan tulang keras berawal dari kartilago (berasal dari *mesenkim*). Tulang keras tersusun dari jaringan tulang keras, yang terdiri dari sel-sel tulang *(osteosit)* yang membentuk lingkaran. Di tengah-tengah sel tulang terdapat *saluran Havers*. Di dalam saluran Havers terdapat pembuluh kapiler yang berfungsi untuk mengangkut sari makanan dan oksigen pada sel tulang. Pada tulang keras banyak mengandung zat kapur (kalsium) dan sedikit mengandung zat perekat. Matriks akan mengeluarkan kapur dan fosfor yang menyebabkan tulang menjadi keras. Proses pengerasan tulang disebut penulangan atau *osifikasi*. Perhatikan gambar 3.2. Jenis osifikasi adalah *desmal* dan *kondral*. Kondral meliputi *perikondral* dan *enkondral*. Desmal merupakan penulangan pada tulang keras, sedangkan kondral adalah penulangan pada tulang rawan.



Sumber: *Under The Microscope, Skeleton, 2005, Hal. 15.*

Gambar 3.2 *(a) Pertumbuhan tulang pada tangan dari bayi sampai dewasa, dilihat melalui sinar x (b) Proses pengerasan tulang dari bayi sampai dewasa.*

Sel-sel tulang keras yang telah mati akan membentuk rongga bekas sel tulang yang disebut *lakuna*. Setiap lakuna dapat berhubungan satu sama lainnya melalui saluran-saluran kecil yang disebut *kanalikuli*.



Sumber: *Harun Yahya, Manusia dan Alam Semesta, 2004, Hal. 19.*

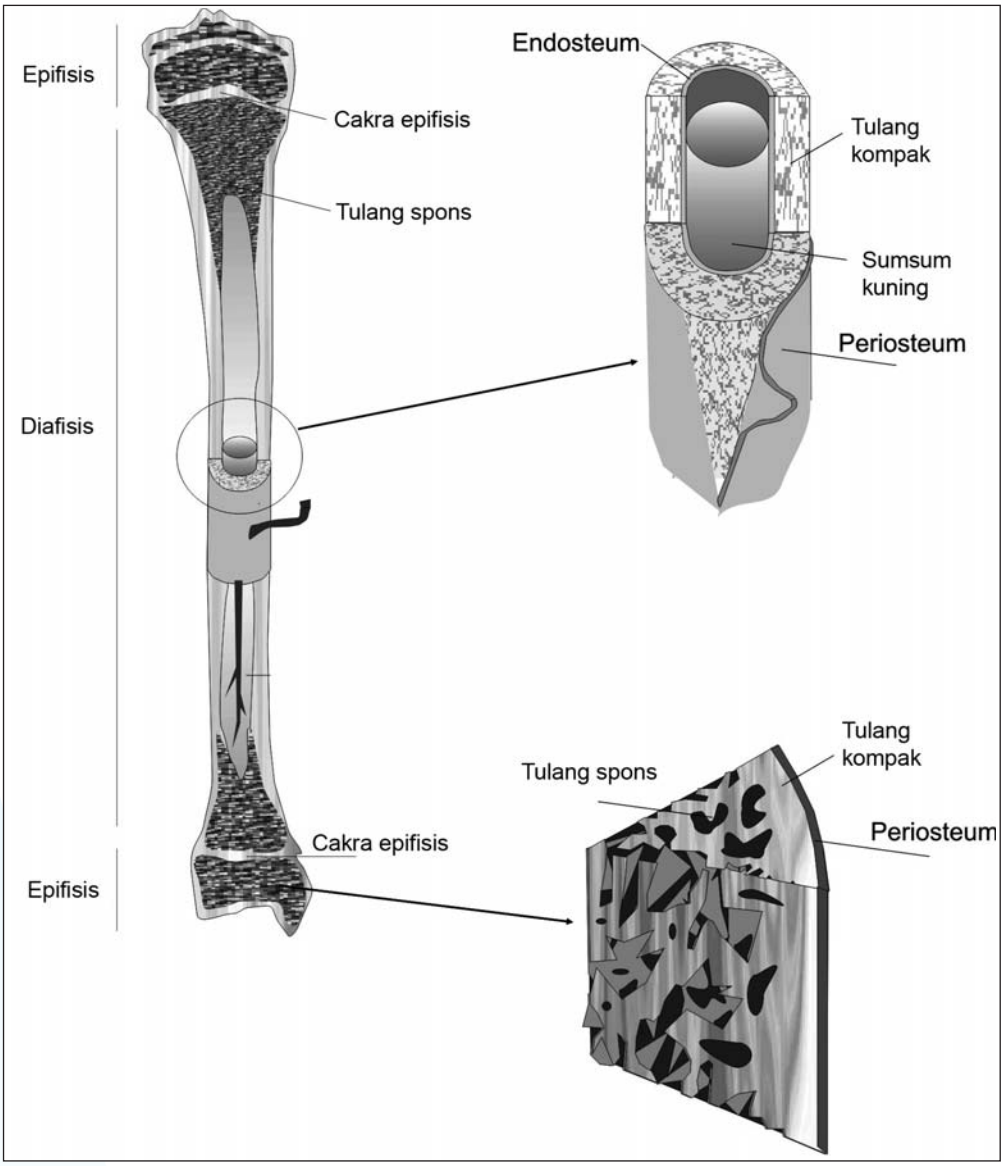
Gambar 3.3 *Anatomi tulang keras.*

Tulang keras terdapat pada seluruh tulang anggota gerak. Lapisan luarnya keras (tulang kompak) dan mengelilingi rongga yang disebut rongga sumsum. Jadi, tulang tidak rapat, tetapi berongga di tengahnya. Seandainya semua tulang rapat tanpa rongga, tubuh kita sangat berat dan akan sulit digerakkan.

2. *Bentuk Tulang*

Berdasarkan bentuknya, tulang terbagi atas tulang pipa, tulang pipih, dan tulang pendek.

a. Tulang pipa



Sumber: *www.york.ac.uk, 2006.*

Gambar 3.4 *Tulang pipa*

Tulang pipa mempunyai ciri-ciri:
- Bentuknya bulat panjang seperti pipa.
- Pada kedua ujungnya berbonggol.
- Di dalamnya berisi sumsum kuning dan lemak. Sumsum kuning merupakan cadangan untuk pembentukan sumsum merah.
- Contoh: tulang paha, tulang lengan atas, tulang kering, tulang betis, ruas-ruas jari tangan/ruas jari kaki, tulang hasta, dan tulang pengumpil.

Tindak Lanjut

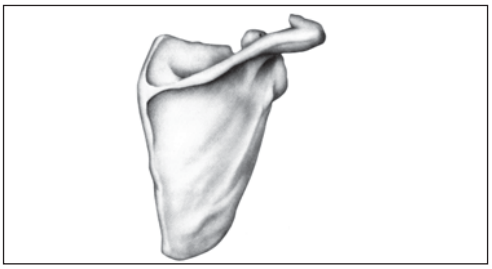
Saat kalian sedang makan daging ayam, coba kumpulkan tulang-tulang sisa makananmu. Selanjutnya bersihkan tulang tersebut dan keringkan. Kelompokkan tulang-tulang tersebut menurut bentuknya! Kumpulkan hasilnya pada guru kalian!

Tulang pipa terbagi menjadi 3 bagian, yaitu:
- Bagian ujung yang disebut epifisis.
- Bagian tengah yang disebut diafisis.
- Di antara epifisis dan diafisis terdapat cakra epifisis (*discus epiphysealis*). Cakra ini kaya akan osteoblas dan menentukan pertumbuhan tinggi.

Di pusatnya terdapat rongga yang berisi sumsum tulang. Rongga terbentuk karena aktivitas osteoklas (perombak tulang).

b. Tulang pipih
- Berbentuk pipih atau tipis.
- Di dalamnya berisi sumsum merah, tempat pembuatan sel darah merah dan sel darah putih.
- Contoh: tulang kepala (tengkorak), tulang rusuk, tulang dada, dan tulang belikat.

c. Tulang pendek
- Bentuk pendek dan bulat.
- Di dalamnya berisi sumsum merah, tempat pembuatan sel darah merah dan sel darah putih.
- Contoh: ruas-ruas tulang belakang, tulang pergelangan tangan, dan pergelangan kaki.



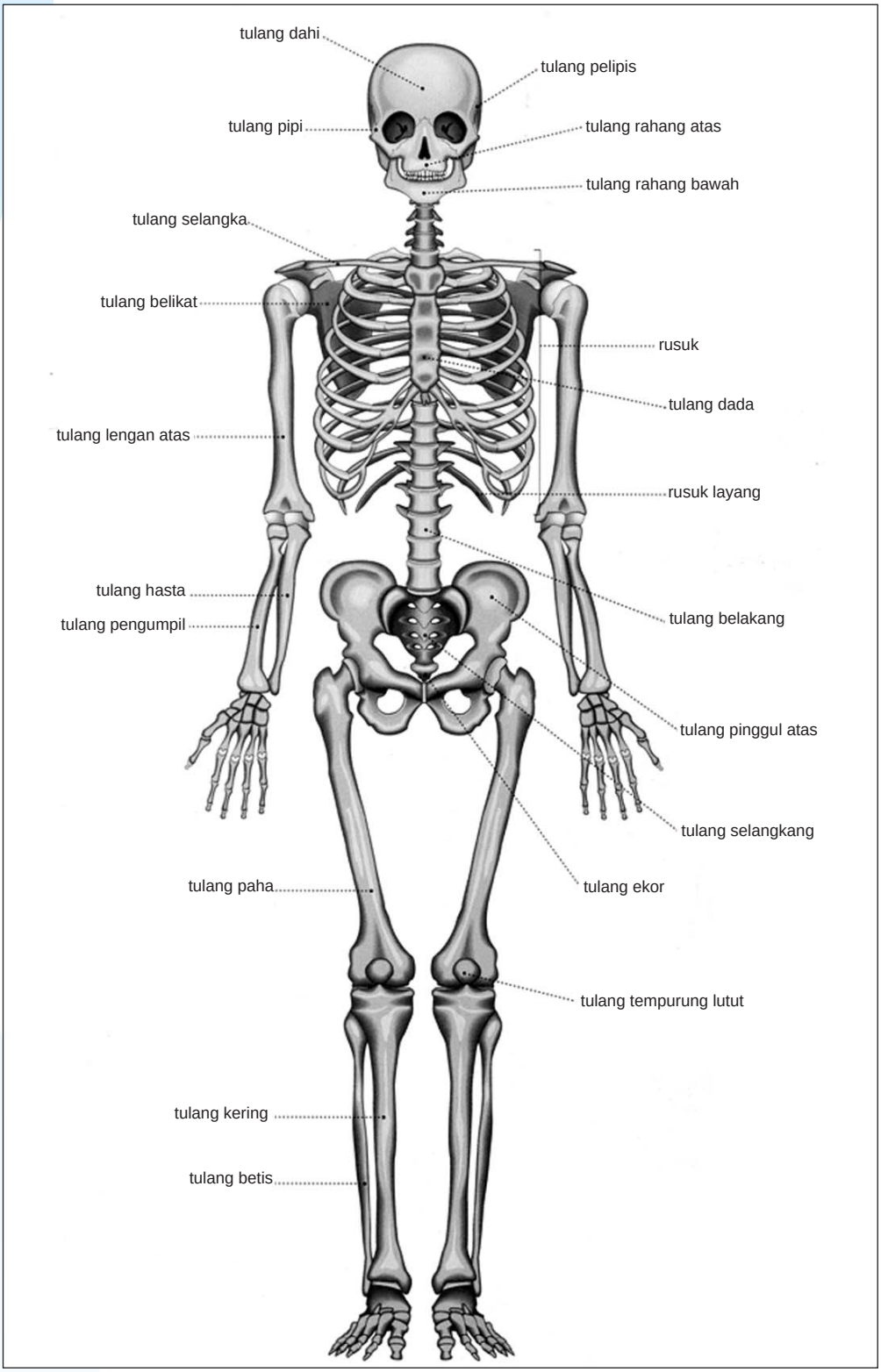
Sumber: Kamus visual, 2004, Hal. 157.
Gambar 3.5 *Tulang pipih*



Sumber: Kamus visual, 2004, Hal. 157.
Gambar 3.6 *Tulang pendek*

3. Susunan Tulang

Rangka tubuh manusia tersusun oleh 206 potong tulang yang saling berhubungan. Perhatikan gambar 3.7. Tulang-tulang yang menyusun rangka tubuh tersebut terdiri atas tiga kelompok besar, yaitu:



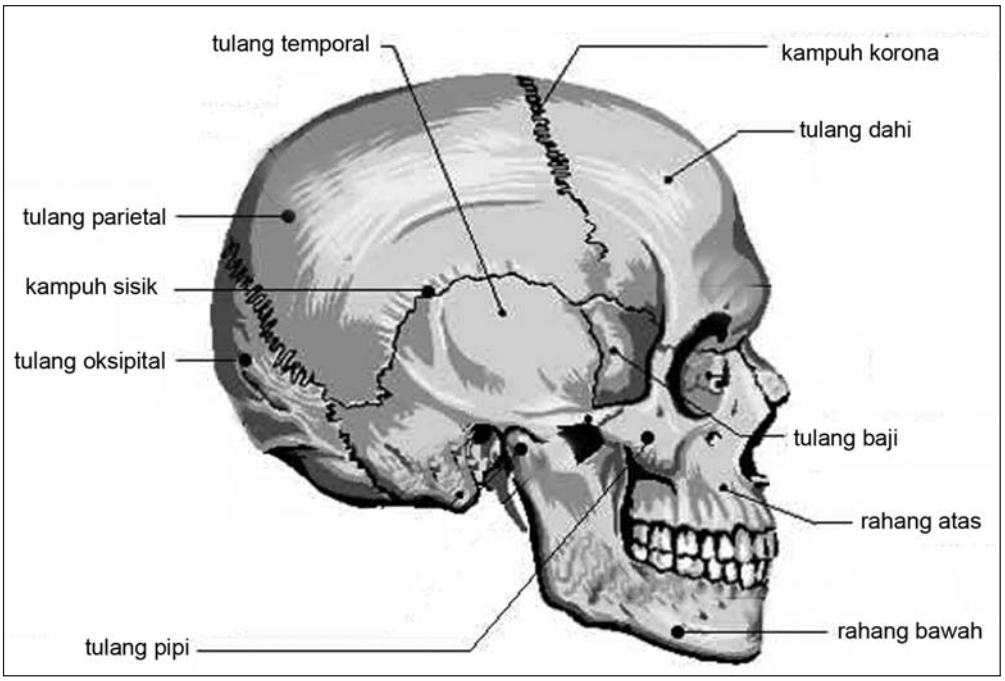
Sumber: *Kamus visual, 2005, Hal. 152.*

Gambar 3.7 *Rangka tubuh manusia.*

a. Tulang tengkorak (cranium)

Tulang tengkorak berbentuk pipih, saling berhubungan, dan membentuk rongga. Tulang-tulang ini mengelilingi dan melindungi otak yang ada di dalamnya. Tulang tengkorak terdiri atas 22 tulang. Delapan tulang membentuk tengkorak bagian kepala/tempurung kepala dan 14 tulang tengkorak bagian muka/wajah.

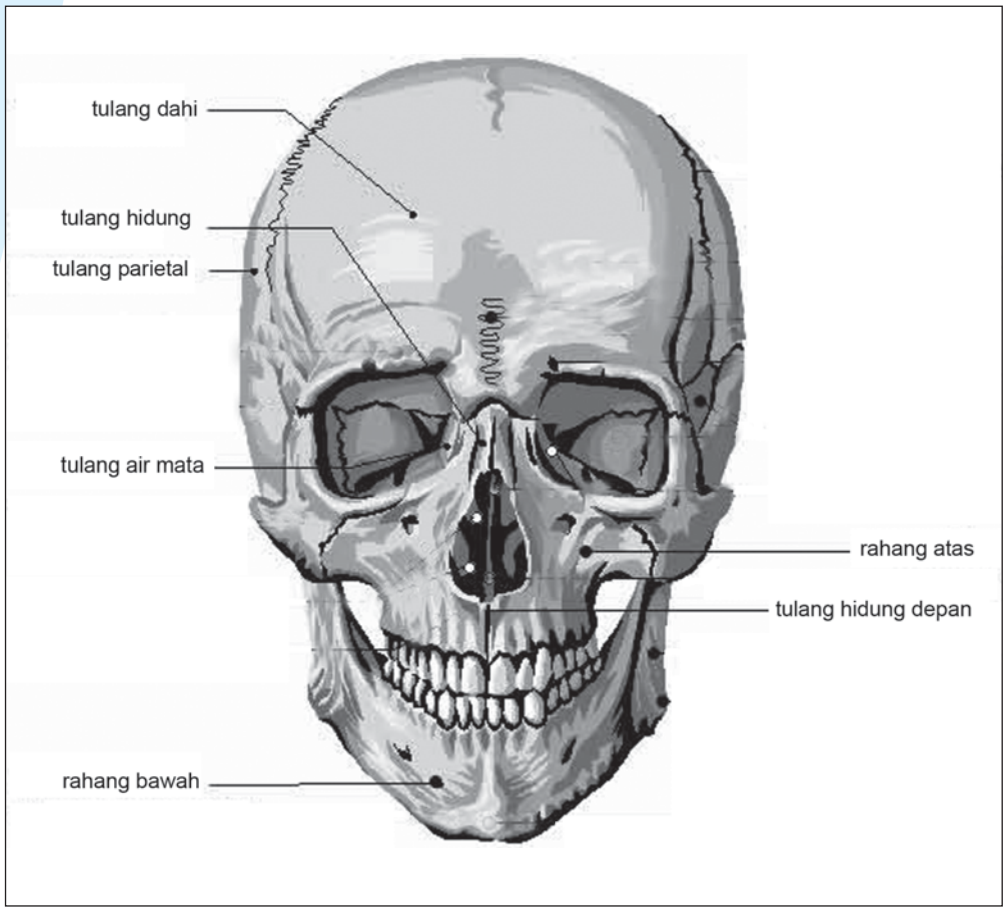
Tulang tempurung kepala tersusun dari tulang dahi *(os.frontal)*, tulang kepala belakang *(os.oksipital)*, tulang ubun-ubun *(os.parietal)*, tulang baji *(os.sphenoid)*, tulang tapis *(os.ethmoid)*, dan tulang pelipis *(os.temporal)*. Perhatikan gambar 3.8. Di bagian bawah tempurung kepala terdapat rongga khusus yang disebut *foramen magnum* yang menjadi tempat masuk dan keluarnya pembuluh saraf serta darah yang kemudian menuju ke sumsum tulang belakang.



Sumber: *www.face-and-emotion.com, 2006.*

Gambar 3.8 *Tengkorak bagian kepala*

Tulang muka terdapat pada bagian depan kepala. Tulang-tulang muka membentuk rongga mata untuk melindungi mata, membentuk rongga hidung serta langit-langit, dan memberi bentuk wajah. Tulang muka terdiri atas dua tulang rahang atas *(maksila)*, dua tulang rahang bawah *(mandibula)*, dua tulang pipi *(zigomatik)*, dua tulang air mata *(lakrimal)*, dua tulang hidung *(nasal)*, dua tulang langit-langit *(palatum)*, dan satu tulang pangkal lidah (*hioid*). Perhatikan gambar 3.9.



Sumber: *www.face-and-emotion.com, 2006.*

Gambar 3.9 *Tulang tengkorak bagian muka*

Hubungan antara tulang-tulang pada tempurung kepala merupakan hubungan tulang yang tidak dapat digerakkan. Hanya rahang bawah yang dapat bergerak dengan bebas sehingga kalian dapat makan dan berbicara. Pada bayi yang baru lahir, kedua tulang ubun-ubun, yaitu kiri dan kanan, belum menyatu sempurna sehingga terasa lembut bila dipegang. Dalam pertumbuhannya, tulang tengkorak bayi akan menyatu sempurna.

Tulang tengkorak terdiri atas:
- tulang tempurung
- tulang muka

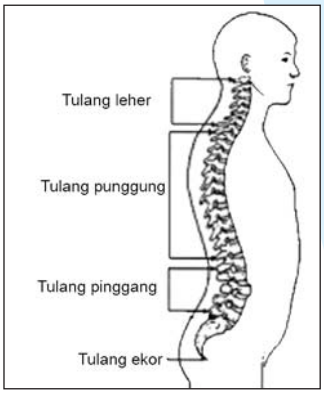
b. Tulang Badan

Tulang pembentuk badan terdiri atas ruas-ruas tulang belakang, tulang dada, tulang rusuk, tulang gelang bahu, dan tulang gelang pinggul/ panggul.

1) Tulang belakang berada di bagian tengah tubuh yang berfungsi untuk menopang seluruh tubuh, dan tempat pelekatan tulang rusuk.

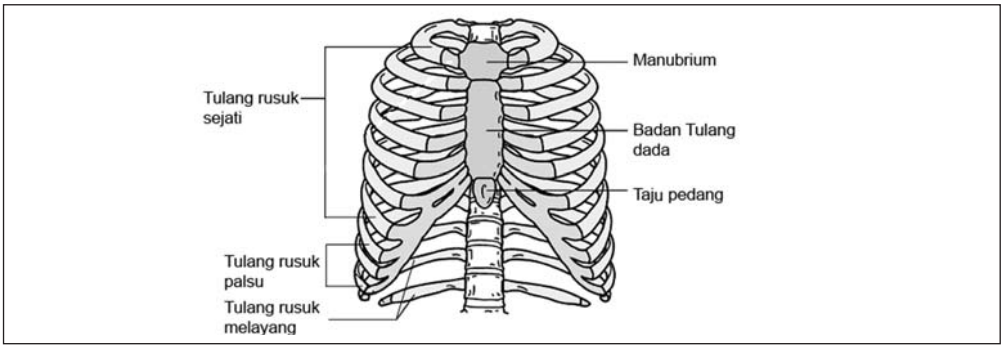
Perhatikan gambar 3.10. Setiap segmen atau ruas tulang belakang dapat bergerak sedikit. Tulang belakang berbentuk tulang pendek dan berjumlah 33 ruas yang terdiri atas:

a) tujuh ruas tulang leher *(vertebra servikalis)*,
b) dua belas ruas tulang punggung *(vertebra dorsalis)*,
c) lima ruas tulang pinggang *(vertebra lumbalis)*,
d) lima ruas tulang kelangkang (*vertebra sakralis*),
e) empat ruas tulang ekor *(coxigeus)*.



Sumber: www.spinalcord.uab.edu, 2006.

Gambar 3.10 *Tulang belakang manusia.*



Sumber: www.k3.dion.ne, 2006.

Gambar 3.11 *Tulang rusuk dan tulang iga.*

Struktur dan ruas tulang belakang bervariasi karena secara khusus masing-masing memiliki fungsi yang berbeda-beda.

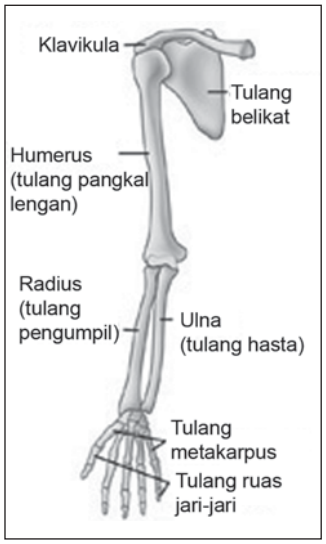
2) Tulang dada merupakan tempat melekatnya tulang rusuk bagian depan. Tulang dada terdiri atas 3 bagian, yaitu bagian hulu dada *(manubrium sterni)*, bagian dada *(corpus sterni)*, dan bagian taju pedang *(prosesus xyphoideus)*.
3) Tulang rusuk (iga), terdiri atas tiga jenis tulang, yaitu tujuh pasang tulang rusuk sejati, tiga pasang tulang rusuk palsu, dan dua pasang tulang rusuk melayang.
4) Tulang gelang bahu, terdiri atas dua tulang belikat dan dua tulang selangka. Tulang belikat melekat pada tulang rusuk. Tulang belikat berbentuk segitiga pipih dan memiliki tonjolan yang menyerupai paruh burung gagak, disebut *prosesus korakoid*. Sedangkan tulang selangka melekat pada tulang dada.
5) Tulang gelang panggul, terdiri atas dua tulang pinggul, dua tulang duduk, dan dua tulang kemaluan. Ketiga tulang tersebut berkaitan erat sehingga membentuk suatu lingkaran yang berlubang.

c. Tulang anggota gerak

Tulang anggota gerak pada manusia terdiri atas tungkai depan/tulang anggota gerak atas yang bersambungan dengan gelang bahu tungkai dan tulang anggota gerak bawah yang bersambungan dengan gelang pinggul.

1) Tulang anggota gerak bagian atas
Tulang anggota gerak bagian atas terdiri atas gelang bahu, dua tulang lengan atas, dua tulang pengumpil, dua tulang hasta, enam belas tulang pergelangan tangan, sepuluh tulang telapak tangan, dan 28 tulang jari tangan. Tulang hasta dan tulang pengumpil merupakan tulang lengan bawah. Tulang hasta letaknya searah dengan sisi kelingking, sedangkan tulang pengumpil letaknya searah dengan ibu jari. Tulang pengumpil dapat digerakkan di atas tulang hasta (memutar). Perhatikan gambar 3.12.
2) Tulang anggota gerak bagian bawah
Tulang anggota gerak bagian bawah terdiri atas gelang panggul, dua tulang paha, dua tulang tempurung lutut, dua tulang kering, dua tulang betis, empat belas tulang pergelangan kaki, sepuluh tulang telapak kaki, dan 28 tulang jari kaki. Kaki atau tungkai memiliki fungsi utama untuk menopang berat tubuh dan mengatur gerak tubuh ketika berjalan. Perhatikan gambar 3.13.

Tulang anggota gerak terdiri atas:
- bagian atas
- bagian bawah

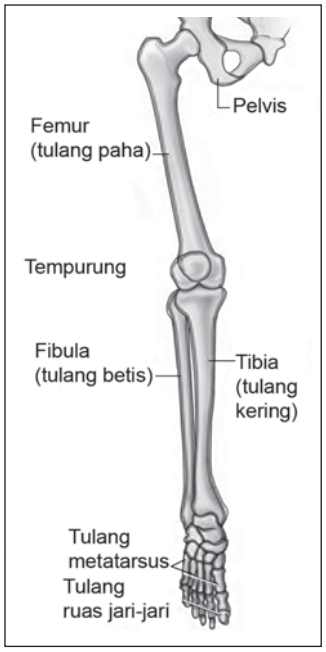


Sumber: www.yoursurgery.com, 2006.
Gambar 3.12 *Tulang anggota gerak bagian atas.*

4. *Sumsum Tulang*

Sumsum tulang mengisi rongga bagian dalam tulang. Ada dua macam sumsum tulang, yaitu:
a. Sumsum tulang merah *(medulla ossia rubra)*, merupakan tempat pembuatan sel darah merah. Pada anak-anak, sumsum merah terdapat pada tulang tengkorak. Pada orang dewasa, sumsum merah terdapat antara lain pada tulang tengkorak, ruas tulang belakang, dan tulang rusuk.
b. Sumsum tulang kuning *(medulla ossia flava)*, terdapat pada tulang anggota gerak orang dewasa. Sumsum kuning ini terbentuk dari campuran sel jaringan ikat, misalnya jaringan lemak dan sumsum merah.

Untuk kesehatan dan pertumbuhan sel-sel, tulang membutuhkan vitamin D. Proses pembentukan vitamin D dalam tubuh sangat dipengaruhi oleh sinar ultrviolet. Sinar ultraviolet yang jatuh mengenai kulit tubuh manusia dapat mengubah provitamin D yang terdapat pada tubuh menjadi vitamin D.



Sumber: www.yoursurgery.com, 2006
Gambar 3.13 *Tulang anggota gerak bagian bawah.*

Kegiatan 3.1

Rangka

Tujuan: mengamati rangka manusia dan tulang-tulang penyusunnya.

Alat dan Bahan

Charta atau model rangka manusia.

Langkah Kerja

1. Carilah charta rangka tubuh manusia!
2. Amatilah charta tersebut, kemudian jawablah pertanyan berikut dengan berdiskusi bersama kelompokmu!

Pertanyaan

1. Struktur tulang apakah yang dapat kalian amati?
2. Struktur mana yang:
 a. menopang badan saat duduk di kursi?
 b. berperan dalam gerakan melempar?
 c. melindungi organ-organ dalam?
3. Bandingkan tulang-tulang bahu dan tulang-tulang panggul
 a. apa persamaan tulang-tulang tersebut? Sebutkan!
 b. apa perbedaan tulang-tulang tersebut?

Setelah kalian mendiskusikan dengan teman satu kelompok, coba masing-masing kelompok mempresentasikan hasil diskusinya dengan menggunakan model rangka.

5. *Sendi*

Terbentuknya kerangka tubuh manusia dapat terjadi karena adanya hubungan antara tulang yang satu dengan tulang yang lain. Hubungan antartulang dinamakan *artikulasi*. Hubungan antartulang yang memungkinkan pergerakan disebut *persendian*.

Dari sifat geraknya, maka persendian dapat dibagi menjadi 3 macam, yaitu:

a. *Sendi mati (sinartrosis)* adalah hubungan antartulang yang sudah tidak dapat digerakkan lagi, misalnya persendian pada tulang tengkorak kepala. Sinartrosis terdiri atas:
 - *Sinkondrosis:* kedua ujung tulang dihubungkan dengan kartilago.
 - *Sinfibrosis:* kedua ujung tulang dihubungkan dengan serabut.

b. *Sendi kaku (amfiartrosis)* adalah hubungan antartulang yang memungkinkan adanya sedikit gerakan (terbatas). Misalnya persendian pada pergelangan

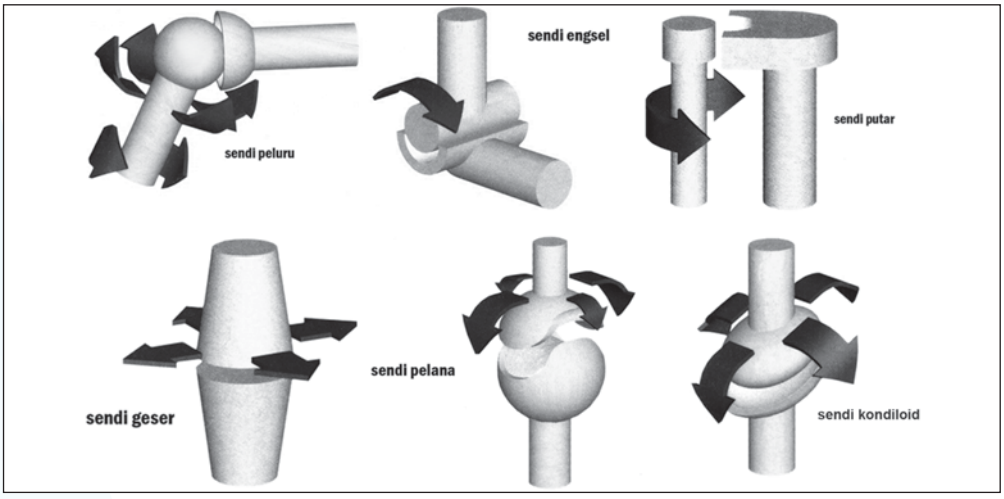
tangan dan kaki, hubungan antara tulang rusuk dan tulang belakang dan tulang tulang dada, dan hubungan tulang kemaluan.

Sendi ada 3 macam:
- sendi mati
- sendi kaku
- sendi gerak

c. *Sendi gerak (diartrosis)* adalah hubungan antartulang yang memungkinkan gerakan lebih bebas. Diartrosis memudahkan tulang untuk bergerak karena struktur tertentu dan juga karena adanya bentuk-bentuk tertentu dari ujung-ujung tulang yang berhubungan yang disebut persendian. Diartrosis memiliki struktur yang terdiri atas bonggol sendi, tulang rawan sendi, dan mangkuk sendi. Mangkuk sendi berisi cairan sendi (minyak sinovial) yang berfungsi sebagai minyak pelumas.

Sendi gerak dapat dibedakan sebagai berikut:

1) *Sendi engsel* adalah persendian yang memungkinkan gerakan satu arah, seperti gerakan pada pintu, contohnya pada siku dan lutut.
2) *Sendi peluru* merupakan hubungan dua tulang, yang satu berbentuk mangkuk sendi, sedangkan tulang yang lain berbentuk bonggol yang bersesuaian. Selain itu juga terdapat cairan sendi *(sinovial)* yang berfungsi sebagai pelumas dan jaringan ikat sendi *(ligamen)*. Sendi peluru merupakan persendian yang dapat bergerak ke segala arah. Misalnya persendian pada lengan atas dengan gelang bahu, tulang paha dengan gelang pinggul.
3) *Sendi putar* merupakan persendian yang mengakibatkan salah satu tulang dapat berputar terhadap tulang yang lain sebagai poros sendi. Misalnya persendian pada tulang atlas dan tulang pemutar, serta tulang hasta dan tulang pengumpil.
4) *Sendi pelana* merupakan persendian yang memungkinkan gerakan ke dua arah. Misalnya persendian pada tulang telapak tangan dengan ibu jari.
5) *Sendi ovoid/ellips* kedua ujung tulang berbentuk oval. Misalnya pada pergelangan tangan.



Sumber: *Kamus visual, 2005, Hal. 156.*

***Gambar 3.14** Macam-macam sendi.*

Kegiatan 3.2

Sendi

Tujuan: memahami macam-macam sendi dan arah geraknya.

Langkah Kerja

1. Coba lakukan gerakan-gerakan pada persendian-persendian kalian. Lakukan gerakan perlahan-lahan dan hati-hati!
2. Isilah tabel berikut setiap kali kalian selesai melakukan suatu gerakan!

Tabel Pengamatan

No.	Nama Gerakan	Tulang dari Sendi yang Terlibat
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		

Pertanyaan

1. Ada berapa macam gerakan yang dapat kalian lakukan?
2. Sendi apa yang paling banyak berguna dalam gerakan kalian?
3. Gerakan apa yang paling mudah dan sulit menurut kalian?

C. Otot Manusia

Dalam kehidupan sehari-hari, otot disebut juga daging. Tulang-tulang yang menyusun kerangka tubuh kita tertutup oleh otot. Dengan adanya kerja otot, tubuh dapat digerakkan. Oleh sebab itu, otot disebut alat gerak aktif.

1. *Macam-Macam Otot*

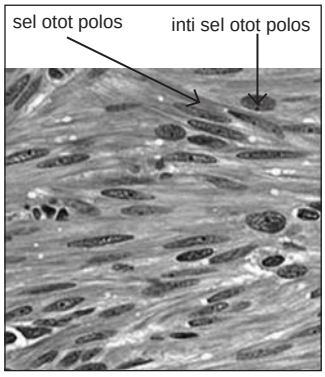
Menurut bentuk dan cara kerjanya, terdapat 3 macam otot, yaitu:

a. Otot polos

Otot polos disebut juga otot alat-alat dalam tubuh, karena otot ini terletak pada saluran alat-alat dalam tubuh, seperti saluran pencernaan, pembuluh darah, saluran kelamin, dan dinding rahim. Bekerja di luar kesadaran tanpa

perintah otak. Otot ini dipengaruhi oleh saraf otonom, yaitu saraf simpatik dan parasimpatik. Ciri-ciri otot polos:

- Berinti satu.
- Berbentuk gelendong dengan kedua ujungnya meruncing.
- Bekerja di luar kesadaran, bekerja lambat, teratur, dan tidak cepat lelah. Perhatikan gambar 3.15.

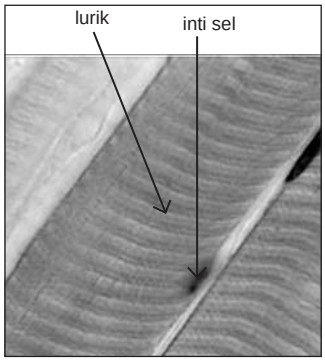


Sumber: *www.hwscience.com, 2006.*
Gambar 3.15 *Otot polos.*

b. Otot lurik/serat lintang

Otot lurik disebut juga otot rangka karena otot ini melekat menutupi rangka. Ciri-ciri otot lurik:

- Sel berinti banyak.
- Bentuknya silindris. Sel otot tampak lurik karena adanya kandungan protein otot yang berbeda, yaitu aktin dan miosin.
- Bekerja atas kesadaran atau menurut perintah otak. Perhatikan gambar 3.16.



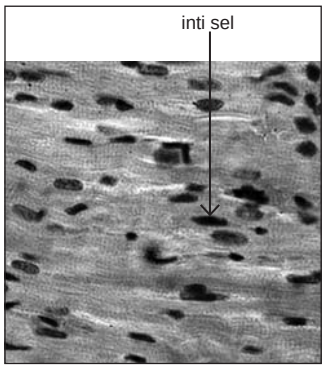
Sumber: *www.mhhe.com, 2006.*
Gambar 3.16 *Otot lurik.*

Berdasarkan *mioglobin*, otot rangka dibedakan menjadi *otot merah* dan *otot putih*. Otot merah mempunyai lebih banyak mioglobin dibandingkan otot putih. Mioglobin adalah pigmen otot yang berfungsi mengikat oksigen. Oksigen yang diikat oleh mioglobin berfungsi untuk respirasi sel-sel otot rangka yang akan menghasilkan energi untuk melakukan aktivitas.

c. Otot jantung/miokardium (involunter)

Ciri-ciri otot jantung:

- Berbentuk serabut lurik yang bercabang-cabang, jumlah inti selnya banyak, terletak di tengah serabut.
- Bekerja di luar kesadaran atau di luar perintah otak.



Sumber: *www.cas.vanderbilt.edu, 2006.*
Gambar 3.17 *Otot jantung.*

Keistimewaan otot jantung adalah mempunyai struktur seperti otot lurik tetapi bekerja seperti otot polos. Kontraksi dan relaksasi otot jantung menyebabkan serambi dan bilik jantung melebar dan menyempit sehingga menimbulkan denyut jantung. Dengan adanya kontraksi dan relaksasi, darah kita dapat dipompa ke dalam pembuluh-pembuluh darah dan dialirkan ke seluruh tubuh.

Tabel 3.1 Perbedaan antara Otot Lurik, Otot Polos, dan Otot Jantung

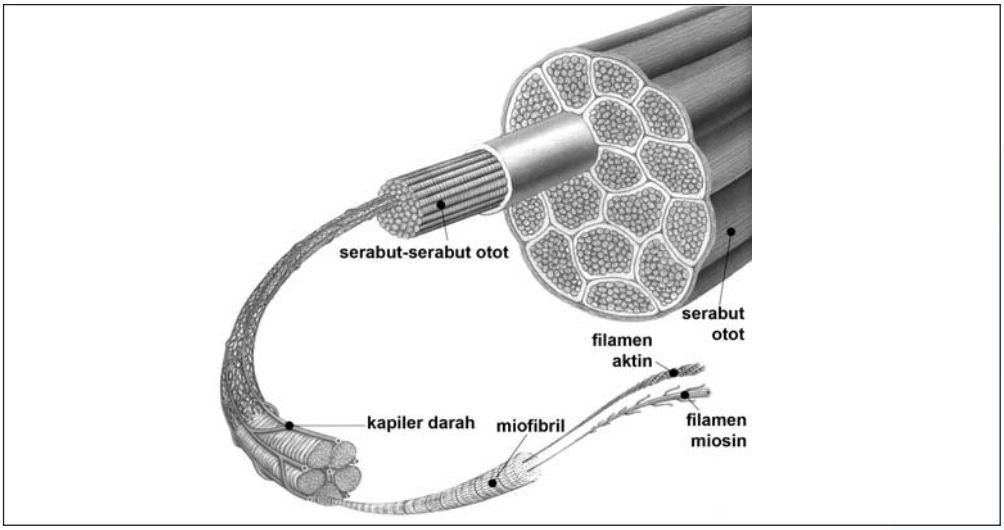
Perbedaan	Otot Lurik	Otot Polos	Otot Jantung
Bentuk	Panjang, silindris	Gelendong, ujung meruncing	Panjang, silindris bercabang-cabang
Jumlah inti sel	Banyak, terletak di tepi sel	Satu, terletak di tengah sel	Banyak, terletak di tengah serabut
Kerja	Dipengaruhi kesadaran	Tidak dipengaruhi kesadaran	Tidak dipengaruhi kesadaran
Gerak dan ketahanan	Cepat, tidak teratur, cepat lelah	Lambat, teratur, dan tidak cepat lelah	Teratur dan tidak cepat lelah

2. *Bagian-Bagian Otot*

Otot-otot merupakan sebuah jaringan di dalam tubuh yang memiliki 3 karakteristik, yaitu:

a. *Kontraktibilitas:* kemampuan untuk memendek.
b. *Ekstensibilitas:* kemampuan untuk memanjang.
c. *Elastisitas:* kemampuan untuk kembali ke ukuran semula setelah memendek atau memanjang.

Otot terdiri atas benang-benang atau serabut otot. Saat dilihat di bawah mikroskop serabut otot terlihat bergaris-garis. Masing-masing serabut terdiri dari ribuan benang-benang yang disebut *miofibril*. Masing-masing miofibril terdiri dari filamen protein. Ada 2 tipe filamen yaitu *aktin* dan *miosin*. Perhatikan gambar 3.18.



Sumber: *under the microscope, muscles, 2005, Hal. 14.*

Gambar 3.18 *Struktur otot.*

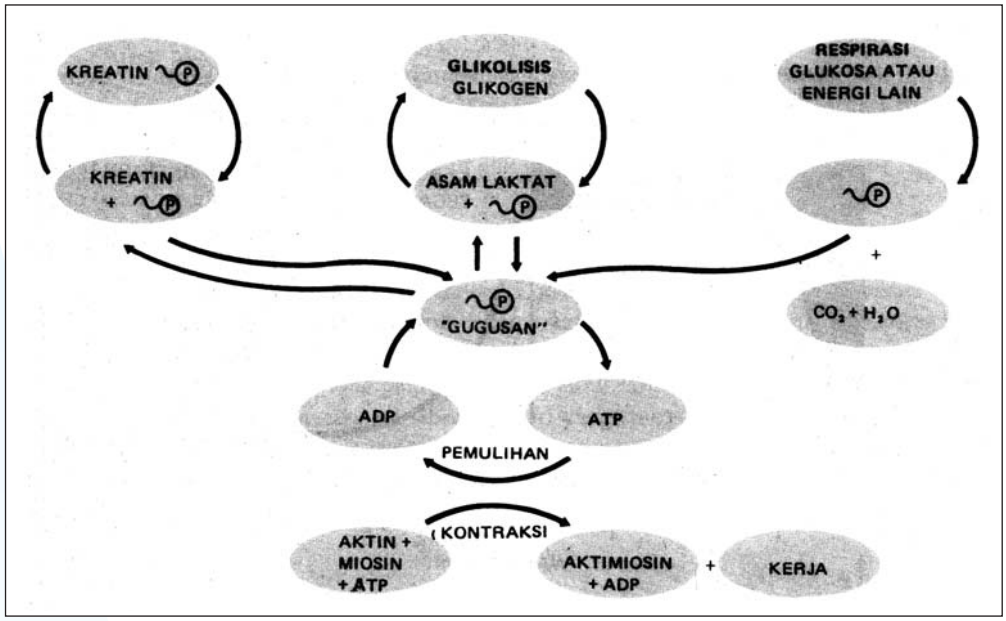
Apabila dilihat tanpa bantuan mikroskop maka otot terdiri dari:

- *Tendon:* urat otot, bagian ujung otot yang mengecil.
- *Ventrikel:* empal otot, bagian tengah otot yang menggembung.
- *Origo:* ujung otot yang melekat pada tempat yang tidak bergerak.
- *Insersio:* ujung otot yang melekat pada tempat yang bergerak.
- *Diskus interkalaris:* bagian khas otot jantung yang merupakan batas.

3. *Cara Kerja Otot*

Tulang-tulang dapat digerakkan karena adanya otot yang berkontraksi. Bagian otot yang berkontraksi sebenarnya adalah sel-sel otot. Otot berkontraksi karena pengaruh suatu rangsangan melalui saraf. Rangsangan yang tiba ke sel otot akan memengaruhi suatu zat (asetilkolin) yang peka terhadap rangsangan. *Asetilkolin* adalah zat pemindah rangsangan yang dihasilkan pada bagian ujung saraf. Adanya asetilkolin akan membebaskan ion kalsium yang berada di sel otot. Melalui proses tertentu, adanya ion kalsium menyebabkan protein otot, yaitu *aktin* dan *miosin* berikatan membentuk *aktomiosin*. Hal ini menyebabkan pemendekan sel otot sehingga terjadilah *kontraksi*. Setelah berkontraksi, ion kalsium masuk kembali ke dalam plasma sel, sehingga menyebabkan lepasnya pelekatan aktin dan miosin yang menyebabkan otot menjadi lemas. Keadaan ini disebut *relaksasi*.

Otot yang sedang berkontraksi menjadi besar, memendek, dan mengeras. Bila otot berkontraksi, maka tulang-tulang tempat otot melekat akan tertarik sehingga tulang turut bergerak. Adanya pergerakan tulang menyebabkan persendian bergerak pula. Jadi, gerak pada tubuh kita melibatkan kerja sama otot, tulang, sendi, dan saraf.



Sumber: *Kimball, Biologi Jilid 2, 2006, Hal. 711.*

Gambar 3.19 *Energi untuk kontraksi otot.*

Otot memerlukan tenaga (energi) untuk berkontraksi. Energi itu berasal dari energi yang tersimpan di dalam sel-sel otot. Perhatikan gambar 3.19. Otot mampu menghasilkan energi melalui glikolisis. Proses glikolisis lebih mendalam akan kalian pelajari pada kelas XII. Mula-mula glikogen yang berada pada serabut otot akan terpisah-pisah ketika serabut otot kehilangan oksigen. Glikogen yang terpisah-pisah akan menjadi glukosa 1-fosfat. Zat ini diubah menjadi isomernya, glukosa 6-fosfat, yang akan memasuki lintasan glikolisis. Glikolisis merupakan tahapan respirasi yang memerlukan oksigen. Proses ini akan menghasilkan energi berupa ATP (adenosin trifosfat). ATP akan digunakan untuk bekerja. Selain glikolosis energi juga dapat dihasilkan oleh kreatin fosfat, kreatin fosfat dapat menyumbangkan fosfat yang berenergi tinggi kepada ADP untuk mengubahnya menjadi ATP. Otot dalam keadaan bekerja juga menghasilkan zat sisa yang disebut asam susu (asam laktat). Asam laktat terjadi karena otot bekerja terlalu keras, misalnya saat berlari. Otot yang bekerja keras akan memperoleh energi tanpa melalui respirasi yang memerlukan oksigen, hasil ATPnya sedikit dan banyak menghasilkan asam laktat. Asam laktat ini akan dibawa oleh darah untuk dibuang ke luar tubuh. Akan tetapi, asam laktat tersebut juga dapat tertimbun dalam otot, sehingga menimbulkan rasa kelelahan atau pegal-pegal. Keadaan ini sering terjadi saat kita melakukan kerja yang berat. Pernahkah kalian merasakan keadaan yang demikian? Saat kalian sedang melakukan kegiatan apa? Untuk menguaraikan asam susu diperlukan oksigen yang cukup banyak. Penggunaan oksigen yang banyak dalam waktu singkat menyebabkan napas terengah-engah. Otot yang sering dilatih akan berkembang atau membesar disebut *hipertropi*. Sebaliknya, otot yang tidak sering digunakan akan mengecil, disebut *atropi*.

Biologi Kita

Ekspresi Wajah

Ekspresi pada wajah ternyata dikendalikan lebih dari 30 otot wajah. Otot wajah bersama tulang muka bersama membentuk ekspresi wajah. Ekspresi wajah saat marah dua kali lebih banyak menggunakan otot wajah daripada ekspresi saat senyum sehingga keadaan marah akan lebih banyak menggunakan energi.

Sumber: Under the microscope muscles, 2005.

4. *Sifat Kerja Otot*

Untuk menggerakkan tulang diperlukan keterlibatan dua otot lurik (otot rangka) atau lebih. Sifat kerja otot ada yang berlawanan (antagonis) dan ada yang bersamaan (sinergis).

a. Otot antagonis, adalah dua otot yang bekerja saling berlawanan, yaitu apabila satu otot berkontraksi maka otot yang lain relaksasi.
 Macam-macam gerak antagonis adalah:
 1) Fleksi dan ekstensi
 Fleksi merupakan gerak menekuk atau membengkokkan. Sebaliknya, ekstensi merupakan gerak meluruskan. Contohnya gerak pada siku, lutut, ruas-ruas jari, dan bahu. Gerak ekstensi lebih lanjut hingga melebihi posisi anatomi tubuh disebut *hiperekstensi*.

2) Adduksi dan abduksi
Adduksi merupakan gerak mendekati tubuh sedangkan abduksi merupakan gerak menjauhi tubuh. Contohnya gerak meregangkan jari-jari tangan, membuka tungkai kaki, dan mengacungkan tangan.
3) Elevasi dan depresi
Elevasi merupakan gerak mengangkat, sedangkan depresi merupakan gerak menurunkan. Contohnya gerak membuka dan menutup mulut.
4) Supinasi dan pronasi
Supinasi merupakan gerak menengadahkan tangan, sedangkan pronasi merupakan gerak menelungkupkan tangan.
5) Inversi dan eversi
Inversi merupakan gerak memiringkan (membuka) telapak kaki ke arah dalam tubuh, sedangkan eversi merupakan gerak memiringkan (membuka) telapak kaki ke arah luar.

b. Otot sinergis, adalah dua otot yang bekerja bersamaan, yaitu sama-sama berkontraksi atau sama-sama relaksasi.
Contoh: otot-otot pronator yang terdapat pada lengan bawah.
Otot pronator ada dua, yaitu otot *pronator teres* dan otot p*ronator kuadratus*. Kedua otot tersebut bekerja sama menggerakkan telapak tangan menelungkup dan menengadah.

D. Gangguan dan Kelainan pada Sistem Gerak

Rangka dan otot yang kita gunakan setiap hari tidak selamanya berfungsi secara normal. Rangka dan otot juga dapat mengalami gangguan. Pernahkah kamu keseleo atau melihat pemain sepak bola yang mengalami patah tulang? Semua kejadian itu termasuk gangguan pada sistem gerak.

1. *Gangguan dan Kelainan pada Rangka*

Gangguan pada sistem rangka dapat terjadi karena adanya gangguan secara fisik, fisiologis, gangguan tulang belakang, dan persendian.

a. Gangguan fisik

Gangguan fisik yang paling sering terjadi pada tulang adalah: patah tulang (fraktura) atau retak tulang (fisura). Bila terjadi patah tulang maka akan terbentuk zona fraktura yang runcing dan tajam sehingga menimbulkan rasa sakit karena pergeseran tulang dan akan menyebabkan pembengkakan atau pendarahan. Keduanya biasa terjadi akibat kecelakaan. Bila tulang yang patah keluar dari permukaan kulit disebut *patah tulang terbuka*, sedangkan bila tulang yang patah di dalam kulit dan otot disebut *patah tulang tertutup*.

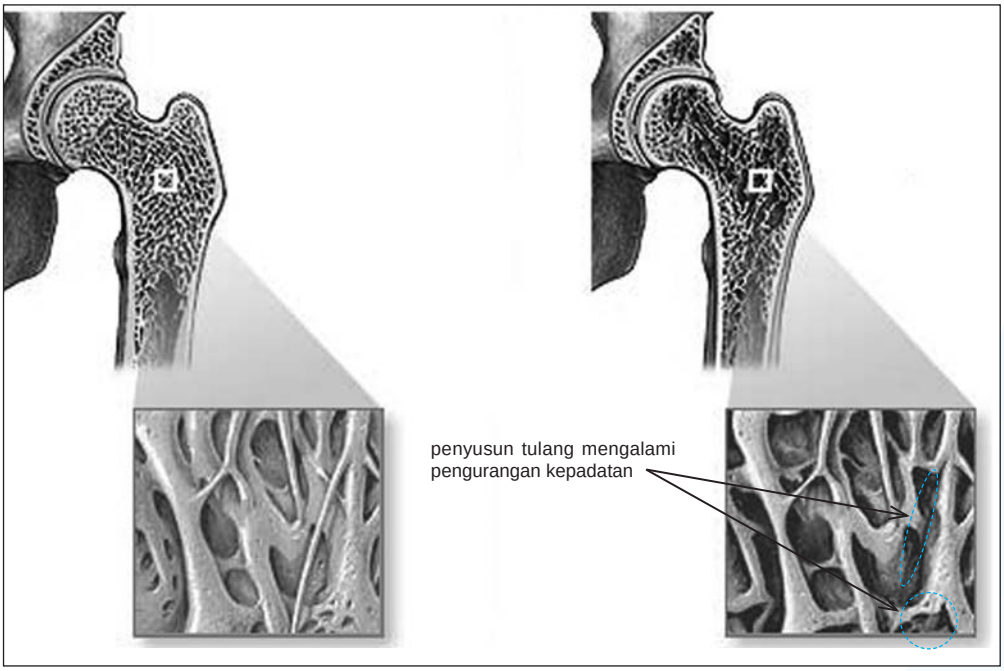
Retak tulang atau patah tulang pada anak-anak lebih mudah disembuhkan dibandingkan pada orang dewasa karena pada anak-anak masih terjadi

pertumbuhan tulang dan tulangnya masih banyak mengandung zat perekat. Patah tulang yang tidak ditangani dengan baik dan benar dapat menyebabkan kelainan pada tulang. Kelainan itu misalnya tulang tangan menjadi bengkok karena tulang tangan yang patah tidak tersambung dengan benar.

b. Gangguan fisiologis

Gangguan fisiologis pada tulang dapat disebabkan oleh kelainan fungsi hormon atau vitamin.

1) *Rakitis*
 Rakitis merupakan penyakit tulang di mana kaki melengkung menyerupai huruf O atau X. Penyakit ini disebabkan oleh kekurangan vitamin D dan zat kapur (kalsium) pada makanan sehingga pertumbuhan dan pembentukan tulang tidak sempurna.
2) *Mikrosefalus*
 Mikrosefalus merupakan gangguan pertumbuhan tulang tengkorak sehingga kepala berukuran kecil disebabkan karena pada masa bayi kekurangan kalsium.
3) *Osteoporosis*
 Osteoporosis merupakan gangguan tulang dengan gejala penurunan massa tulang sehingga tulang menjadi rapuh. Hal ini terjadi karena lambatnya osifikasi dan penghambatan reabsorpsi (penyerapan kembali) bahan-bahan tulang. Osteoporosis terjadi karena ketidakseimbangan hormon kelamin pada pria dan wanita, kurangnya asupan kalsium, serta vitamin D. Perhatikan gambar 3.20.



Sumber: *www.nlm.nih.gov, 2006.*

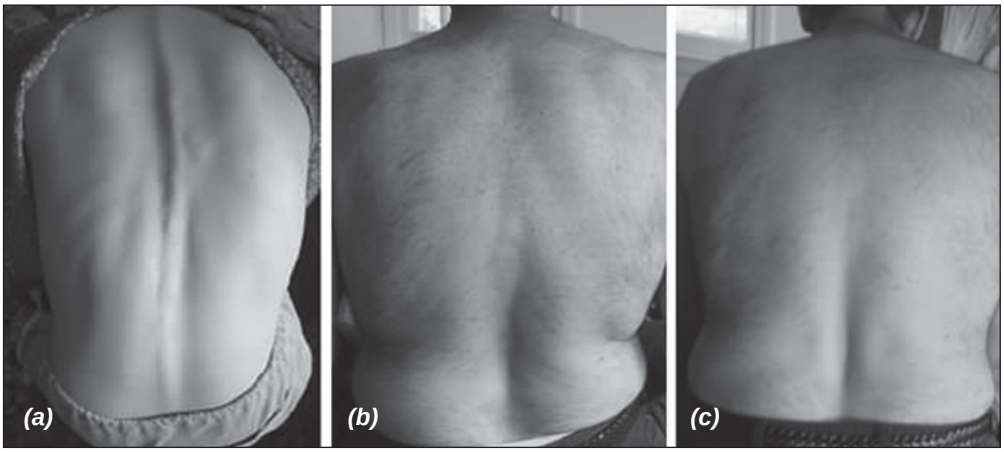
Gambar 3.20 *Tulang normal (kiri), dan tulang yang mengalami osteoporosis (kanan).*

c. Gangguan tulang belakang

Gangguan tulang belakang terjadi karena adanya perubahan posisi tulang belakang (*spina*) sehingga menyebabkan perubahan kelengkungan batang tulang belakang. Kelainan atau gangguan tulang belakang, antara lain:

1) *Skoliosis*, tulang punggung bengkok ke kiri atau ke kanan.
2) *Lordosis*, tulang punggung terlalu bengkok ke depan.
3) *Kifosis*, tulang punggung terlalu bengkok ke belakang.

Kelainan tulang punggung tersebut di atas disebabkan kebiasaan duduk yang kurang baik. Agar tidak terjadi kelainan pada tulang punggung, maka kita sebaiknya duduk dengan posisi yang benar. Perhatikan gambar 3.21.



Sumber: www.rebuildhealth, 2006.

Gambar 3.21 (a) skoliosis, (b) lordosis, (c) kifosis.

d. Gangguan persendian

Gangguan persendian terjadi karena sendi tidak berfungsi dengan normal. Jenis gangguan sendi dikelompokkan menjadi 4 yaitu:

1) *Dislokasi*
 Dislokasi merupakan gangguan yang terjadi karena pergeseran tulang penyusun sendi dari posisi awal karena jaringan ligamen yang sobek atau tertarik.
2) *Terkilir*
 Terkilir merupakan gangguan karena tertariknya ligamen sendi oleh gerakan tiba-tiba atau gerakan yang tidak biasa dilakukan. Terkilir menyebabkan timbulnya rasa sakit disertai peradangan pada daerah persendian.
3) *Ankilosis*
 Ankilosis merupakan gangguan yang terjadi karena tidak berfungsinya persendian.

Tindak Lanjut

Ada dua macam patah tulang, yaitu patah tulang terbuka dan tertutup. Perlu diketahui bahwa pertolongan pertama pada korban yang mengalami kedua jenis patah tulang itu berbeda. Untuk itu carilah informasi dari internet, buku, dan surat kabar mengenai penanganan pertama kedua macam patah tulang tersebut! Kumpulkan hasilnya pada guru kalian!

4) *Artritis*
Artritis merupakan gangguan yang disebabkan adanya peradangan sendi. Artritis dibedakan menjadi:
a) *Rematoid*, merupakan penyakit menurun yang dapat timbul di segala umur. Penyakit ini ditandai oleh jaringan penghubung yang tumbuh di dalam sendi dan kemudian mengeras. Akibatnya, kedua tulang pada sendi menyatu sehingga tidak dapat digerakkan.
b) *Osteoartritis*, merupakan penipisan tulang rawan yang menghubungkan persendian.
c) *Gautartritis*, gangguan gerak akibat kegagalan metabolisme asam urat sehingga terjadi penimbunan asam urat pada persendian.

2. Gangguan dan Kelainan pada Sistem Otot

a. Kram
Kram disebabkan oleh kejang otot. Otot tiba-tiba berkontraksi sangat kuat sehingga sakit. Kram bisa terjadi saat cuaca dingin atau aktivitas otot terlalu berat. Kram bisa juga merupakan gejala ketidakseimbangan air dan ion di dalam tubuh.

b. Nyeri otot
Nyeri otot biasanya diderita orang berusia lanjut. Penyakit ini mungkin disebabkan pembengkakan jaringan penghubung otot. Jaringan yang membengkak menekan ujung saraf dan pembuluh darah. Akibatnya, aliran darah terhambat dan timbul rasa nyeri. Nyeri otot biasanya kambuh pada cuaca dingin dan dapat diatasi dengan pijat dan menghangatkan badan.

c. Polio
Polio disebabkan infeksi virus pada saraf yang mengendalikan gerakan otot rangka. Orang yang terserang penyakit polio dapat menjadi lumpuh. Penyakit ini dapat dicegah dengan imunisasi polio pada bayi.

d. Sawan
Sawan adalah kontraksi pada beberapa kelompok otot yang tidak terkoordinasi. Sawan bisa terjadi akibat gangguan pada otak.

e. Keseleo
Keselo terjadi di daerah sendi dan ligamen sendi. Otot atau tendon dapat putus akibat tarikan yang tiba-tiba dan kuat.

Profil

Prof Dr Soeharso

Prof Dr Raden Soeharso, lahir di Solo. Beliau adalah ahli bedah ortopedi (tulang) dan pendiri Rumah Sakit Ortopedi Dr. Soeharso yang berada di Surakarta. Beliau adalah ahli bedah Palang Merah Indonesia selama perang Dunia ke II. Beliau telah mendirikan pusat rehabilitasi korban penderita cacat akibat perang pertama di Asia Tenggara pada tahun 1947.
Penghargaan yang diperoleh Prof Dr R Soeharso antara lain: Pahlawan Nasional, Bintang Mahaputra, Satya Lencana Republik Indonesia, Doktor Honoris Causa dari Ilmu Kedokteran UNAIR, Pioner Rehabilitasi dari IDI, Perintis Ilmu dan Seni Bedah dari IKABI, Word Federation dari REH Award, Albert Mary Lasker Award dari REH INT.

Sumber www. ypac-solo.org, 1 November 2006.

Bio Eksplorasi

Kerangka

Kerangka adalah mukjizat rekayasa tersendiri, yang merupakan sistem bangunan pendukung tubuh. Kerangka melindungi organ-organ utama seperti otak, jantung dan paru-paru, serta mewadahi organ-organ bagian dalam. Kerangka melengkapi tubuh manusia dengan kemampuan bergerak yang unggul, yang tidak dapat ditiru oleh mekanisme tiruan apa pun. Jaringan tulang bukanlah anorganik sebagaimana yang disangka orang. Jaringan tulang adalah tempat penyimpanan mineral pada tubuh yang terdiri atas berbagai mineral penting seperti kalsium dan fosfat. Sesuai dengan kebutuhan tubuh, kerangka menyimpan mineral tersebut atau mengirimkannya ke tubuh. Di samping itu semua, tulang belulang juga memproduksi sel darah merah.

Selain fungsinya yang sempurna dan seragam, kerangka juga disusun oleh tulang-belulang dengan struktur luar biasa. Karena bertugas menunjang dan melindungi tubuh, tulang diciptakan dengan kemampuan dan kekuatan untuk memenuhi fungsi tersebut. Kondisi terburuk yang mungkin terjadi juga sudah dipertimbangkan. Misalnya, tulang paha dapat membawa beban seberat satu ton pada saat tegak lurus. Yang mengejutkan, pada setiap langkah, tulang membawa beban sebesar tiga kali berat tubuh. Ketika seorang atlet melakukan loncat galah dan mendarat di tanah, setiap sentimeter persegi tulang pinggulnya mendapat tekanan sebesar 1400 kilogram. Apa yang membuat struktur ini, yang terbentuk oleh pembelahan dan penggandaan sebuah sel induk, menjadi begitu kuat? Jawaban pertanyaan ini tersembunyi dalam penciptaan tulang yang tiada bandingannya.

Sebuah contoh dari teknologi masa kini akan menolong menjelaskan hal ini lebih jauh. Konstruksi bangunan yang besar dan tinggi menggunakan sistem tangga-tangga. Unsur-unsur pendukung konstruksi dalam teknik ini terdiri atas palang yang malang melintang, membentuk tangga. Melalui perhitungan rumit yang hanya dapat dilakukan komputer, kita dapat membangun jembatan dan pabrik yang memiliki pondasi lebih kuat dan lebih murah.

Struktur dalam tulang mirip dengan sistem tangga-tangga yang digunakan pada konstruksi jembatan dan menara tersebut. Satu-satunya perbedaan yang penting adalah bahwa sistem tulang lebih rumit dan lebih canggih daripada struktur sistem tangga-tangga itu. Tulang memiliki bagian luar yang keras dan berongga di dalamnya yang diisi dengan sumsum tulang. Dengan sistem ini, tulang sangatlah kuat, tetapi cukup ringan sehingga nyaman digunakan oleh manusia. Andai saja yang terjadi adalah bagian dalam tulang itu keras dan penuh, sebagaimana bagian luarnya, tulang akan terlalu berat untuk dibawa manusia dan akan mudah pecah atau retak oleh hantaman ringan karena strukturnya keras dan kaku.

Rancangan tulang yang sempurna membantu kita menjalani kehidupan dengan mudah. Bahkan kita melakukan pekerjaan yang sulit tanpa perlu merasa sakit. Keistimewaan lain struktur tulang adalah kelenturannya pada beberapa bagian tubuh. Misalnya, selain melindungi organ utama tubuh seperti jantung dan paru-paru, tulang rusuk juga dapat mengembang dan mengempis agar udara dapat bergerak keluar-masuk paru-paru.

Tanda-tanda penciptaan juga terlihat pada permukaan persendian. Sendi tulang tidak perlu dilumasi meskipun bergerak terus-menerus sepanjang usia manusia.

Para ahli biologi melakukan penelitian untuk menemukan penyebabnya: bagaimana gesekan pada persendian tersebut diatasi?

Para ilmuwan menemukan bahwa masalah ini akan menemukan jawabannya apabila hal ini dipandang sebagai "keajaiban penciptaan yang mutlak". Permukaan sendi yang terkena gesekan diselimuti oleh lapisan tulang rawan tipis yang berpori. Di bawah lapisan ini terdapat zat pelumas. Ketika tulang menekan sendi, zat pelumas ini menyembur melalui pori-pori tadi dan menyebabkan permukaan sendi menjadi licin "seolah-olah berada di atas minyak".

Semua ini menunjukkan bahwa tubuh manusia merupakan hasil perancangan yang sempurna, dan penciptaan yang unggul. Perancangan sempurna ini membantu manusia membuat beraneka ragam gerakan secara tangkas dan mudah.

Sumber: *Harun Yahya, Manusia dan Alam Semesta, 2004.*

Setelah membaca uraian tersebut jawablah pertanyaan berikut ini!

1. Menurut pendapat kalian, benarkah bahwa tulang itu ada yang menciptakan? Ataukah tulang terjadi karena adanya mekanisme alami?
2. Apa yang akan terjadi apabila konstruksi tulang itu terbentuk secara sembarangan, seperti tidak adanya sendi pada kaki kita?

Rangkuman

1. Manusia membutuhkan tulang dan otot untuk bergerak.
2. Tulang disebut juga alat gerak pasif dan otot disebut alat gerak aktif.
3. Tulang berdasarkan jenisnya dapat digolongkan menjadi tulang rawan (kartilago) dan tulang keras.
4. Berdasarkan bentuknya tulang dibedakan menjadi tulang pipa, tulang pipih, tulang pendek, dan tulang tak beraturan.
5. Tulang menyusun rangka tubuh manusia. Rangka terdiri atas tiga kelompok besar yaitu tulang tengkorak, tulang badan, dan tulang anggota gerak.
6. Bagian tulang tengahnya berongga dan diisi oleh sumsum tulang.
7. Hubungan antartulang yang satu dengan tulang yang lainnya dan memungkinkan terjadinya pergerakan disebut persendian.
8. Sendi dibagi menjadi tiga macam yaitu sendi mati, sendi kaku, dan sendi gerak.
9. Menurut bentuk dan cara kerjanya, terdapat 3 macam otot, yaitu otot polos, otot lurik, dan otot jantung.
10. Otot dalam menggerakkan tulang dibagi dalam dua cara yaitu antagonis dan sinergis.

11. Tulang dapat mengalami gangguan antara lain gangguan fisik, gangguan fisiologis, gangguan tulang belakang, dan gangguan persendian.
12. Otot juga dapat mengalami gangguan seperti kram, polio, dan keseleo.

Uji Kompetensi

I. Pilihan ganda

1. Gerakan yang terjadi antara tulang ibu jari dan tulang telapak tangan adalah dua arah, ke depan dan ke belakang atau ke kiri dan ke kanan.
 Sendi yang menghubungkan tulang ini termasuk
 a. sendi engsel
 b. sendi putar
 c. sendi peluru
 d. sendi pelana
 e. sendi rotasi
2. Gerakan otot yang berada di bawah pengaruh kehendak kita adalah
 a. otot lambung berkontraksi waktu berisi makanan
 b. otot jantung yang menyebabkan kontraksi jantung
 c. otot rambut yang berkontraksi waktu kedinginan
 d. otot spingter yang mengatur pengosongan kantung kemih
 e. otot usus yang menyebabkan gerak peristaltik
3. *Pernyataan di bawah ini adalah ciri-ciri gangguan pada sistem gerak:v*
 1. tulang patah atau retak
 2. terjadi pembengkakan
 3. kemungkinan terjadi pendarahan
 Jenis gangguan pada sistem gerak tersebut adalah
 a. fraktura
 b. kifosis
 c. rakhitis
 d. artritis
 e. nekrosa
4. Seorang siswa menemukan sepotong tulang paha (femur) di pantai Abe. Setelah diamati beberapa saat maka ia menentukan bahwa tulang tersebut milik seseorang yang masih tumbuh. Penentuan tersebut didasarkan atas pengamatan pada
 a. struktur epifisis
 b. keadaan cakra epifisis
 c. keadaan tulang secara umum
 d. struktur diafisis
 e. matriks tulang

5. Jika ujung tulang yang satu dapat mengitari ujung tulang yang lain, dan memungkinkan gerakan rotasi dan berporos satu maka disebut sendi
 a. putar
 b. pelana
 c. kejut
 d. engsel
 e. peluru

6. *Sewaktu embrio berkembang, semua tulang pipa pada mulanya berupa batang-batang tulang rawan yang diselubungi oleh perikardium, proses selanjutnya terjadi hal-hal seperti di bawah ini:*
 1. terbentuk diafisis
 2. perikardium berubah menjadi periosteum
 3. terjadi penimbunan kalsium dalam matriks
 4. tulang tumbuh melingkar dan memanjang
 5. periosteum mengandung osteoblas
 6. terbentuk tulang sejati

 Urutan proses penulangan (osifikasi) pada tulang pipa yang benar adalah
 a. 1 – 2 – 3 – 4 - 5 - 6
 b. 2 – 3 – 5 – 1 – 4 - 6
 c. 1 – 3 – 5 – 4 – 2 - 6
 d. 3 – 2 – 5 – 4 – 1 - 6
 e. 1 – 3 – 2 – 5 – 4 – 6

7. Persendian antara tulang-tulang yang membentuk tengkorak disebut
 a. sinfibrosis
 b. sinkondrosis
 c. sinartrosis
 d. endartrosis
 e. diartrosis

8. Rasa lelah yang terjadi akibat kerja otot terus menerus disebabkan oleh
 a. penimbunan asam susu menghalangi penguraian laktasidogen
 b. tidak adanya asam susu menghalangi penguraian laktasidogen
 c. penimbunan asam susu mempercepat penguraian laktasidogen
 d. pengubahan senyawa asetilkolin dalam otot
 e. tidak adanya asam susu menghambat kerjanya asetilkolin

9. Kekuatan otot berhubungan dengan pernyataan di bawah ini, *kecuali*
 a. banyaknya serabut yang berkontraksi di dalam otot
 b. banyaknya serabut di dalam otot
 c. ketebalan serabut otot
 d. kesehatan dan ketahanan tubuh
 e. lamanya sel-sel otot berkontraksi

10. Bagian yang berguna untuk menghubungkan tulang dengan bagian persendian adalah
 a. ligamen
 b. kapsul sendi
 c. tendon
 d. serabut otot
 e. cairan sinovial

11. Unit dasar kontraksi otot adalah
 a. miofibril
 b. miofilamen
 c. sarkomer
 d. serabut otot
 e. filamen miosin

12. Tendon yang melekat pada tulang yang tidak bergerak disebut
 a. origo
 b. insersio
 c. fasial
 d. sendi
 e. sendi engsel
13. Yang tidak termasuk fungsi rangka tubuh adalah
 a. tempat melekatnya otot/daging
 b. sebagai pelindung organ-organ tubuh yang penting
 c. pemberi bentuk tubuh
 d. sebagai alat gerak aktif
 e. menahan dan menegakkan tubuh
14. Persendian yang terdapat pada pergelangan tangan dan pergelangan kaki adalah
 a. sendi mati
 b. sendi gerak
 c. sendi peluru
 d. sendi kaku
 e. sendi pelana
15. Sendi peluru terdapat pada
 a. paha
 b. siku
 c. kepala
 d. ruas jari
 e. lutut

II. Uraian

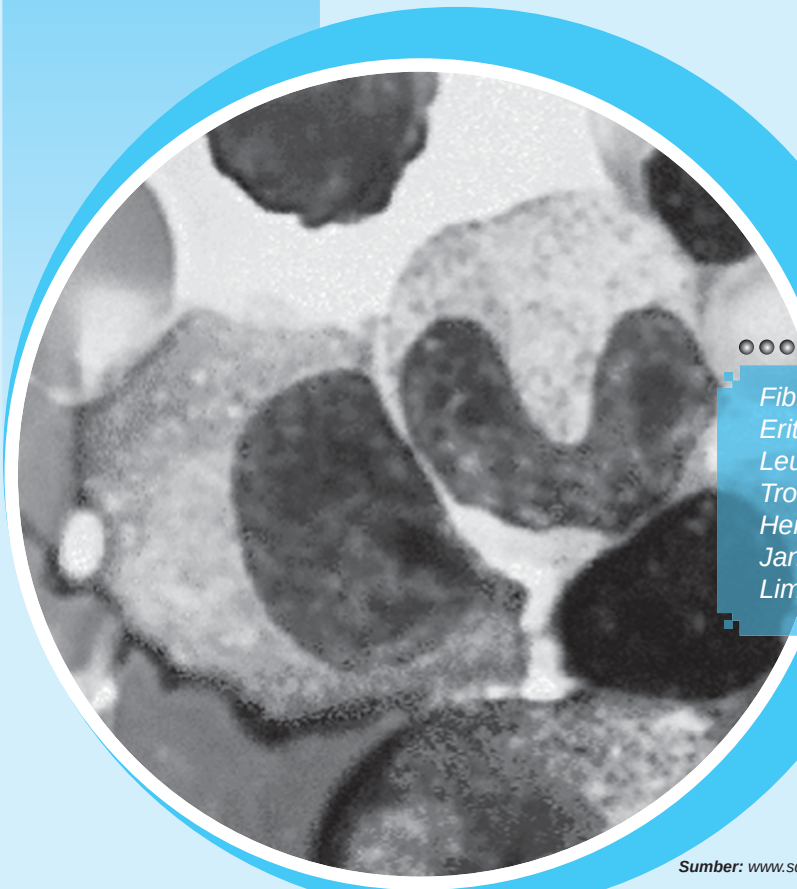
1. Otot apakah yang berkontraksi waktu kita bermain tenis meja?
2. Tuliskan pembagian tulang rawan berdasarkan bahan penyusunnya!
3. Bagaimana proses mekanisme kontraksi otot?
4. Bagaimana otot dan tulang bekerja sama untuk menghasilkan gerak?
5. Sebutkan dua macam gangguan yang mungkin terjadi pada tulang belakang dan otot!

III. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut berdasarkan analisis kalian!

1. Menurut penelitian data resiko osteoporosis, dua dari lima penduduk di Indonesia beresiko terkena pengeroposan tulang. Bahkan jumlah penderita osteoporosis berusia belia semakin banyak. Hal tersebut disebabkan pengetahuan masyarakat tentang cara pencegahan penyakit ini relatif minim. Tuliskan saran yang akan kalian sampaikan apabila kalian menjadi tenaga kesehatan dan ingin memberi penyuluhan kepada masyarakat tentang cara pencegahan penyakit osteoporosis!
2. Tulang terbuat dari air dan mineral keras seperti kalsium, sehingga tulang sangat kaku dan keras. Tetapi bagian dalam tulang berongga dan lembut. Karena itulah tulang sangat kuat tetapi juga sangat ringan. Menurut kalian apakah keadaan tulang yang seperti itu memberi banyak keuntungan bagi kita? Jelaskan pendapat kalian!

Bab 4

Sistem Sirkulasi



Sumber: *www.sdc.med.nagasaki-u.ac, 2006.*

Kata-Kata Kunci

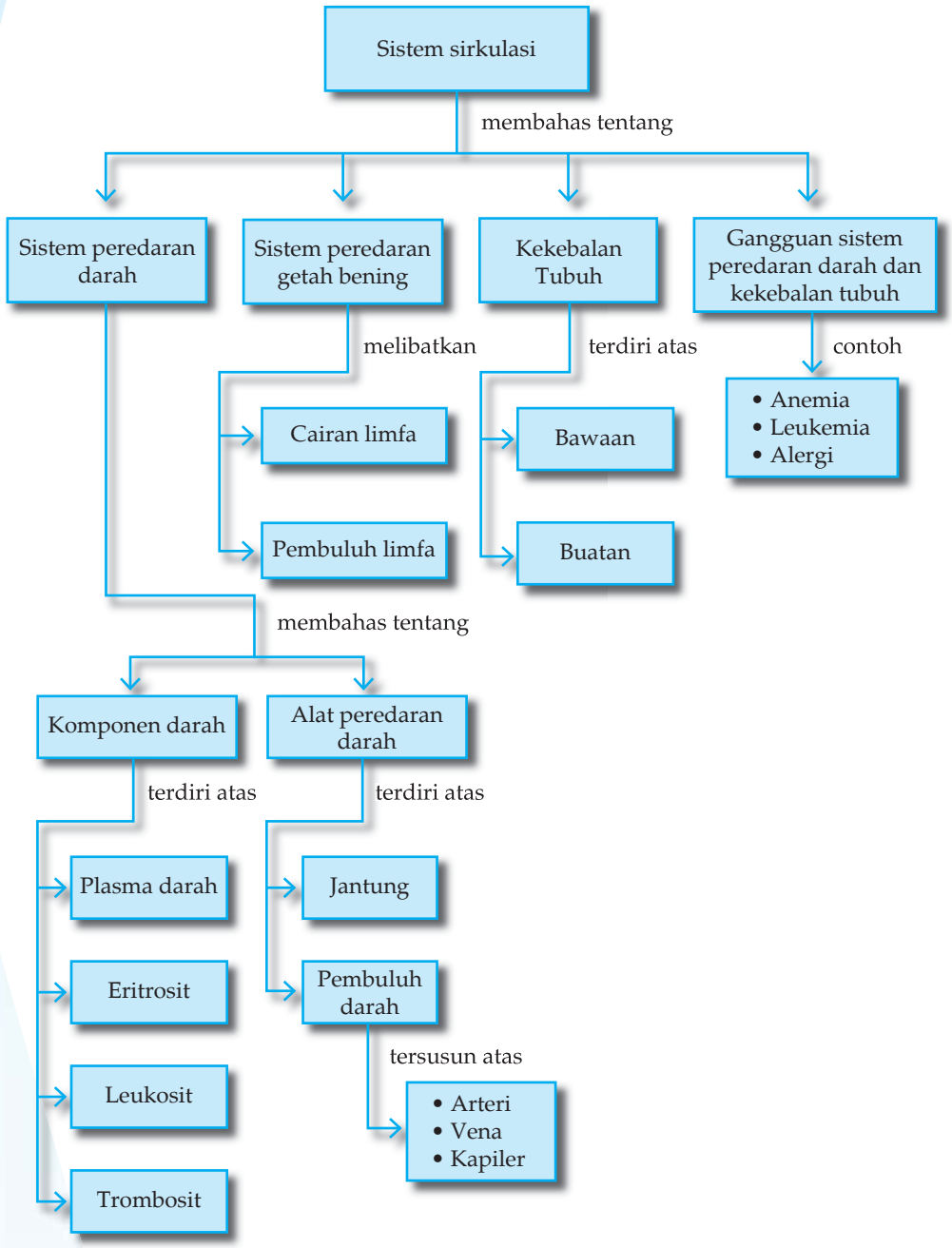
Fibrinogen
Eritrosit
Leukosit
Trombosit
Hemoglobin
Jantung
Limfa

Apabila tangan kalian tergores oleh benda tajam, maka akan mengeluarkan darah. Setelah beberapa menit kemudian darah yang keluar akan berhenti. Tahukah kalian mengapa hal tersebut dapat terjadi? Apa sebenarnya darah itu? Apa pula fungsi darah bagi tubuh kita?

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi yang terdapat dalam bab ini diharapkan siswa mampu menjelaskan proses peredaran darah pada makhluk hidup terutama manusia serta mengetahui penyakit/kelainan yang mengganggu sistem peredaran darah. Selain itu, diharapkan siswa mampu menjelaskan mekanisme pertahanan tubuh terhadap benda asing berupa antigen dan bibit penyakit.

Peta Konsep


Sistem sirkulasi
membahas tentang
Sistem peredaran darah
Sistem peredaran getah bening
Kekebalan Tubuh
Gangguan sistem peredaran darah dan kekebalan tubuh
melibatkan
terdiri atas
contoh
Cairan limfa
Pembuluh limfa
Bawaan
Buatan
• Anemia
• Leukemia
• Alergi
membahas tentang
Komponen darah
Alat peredaran darah
terdiri atas
terdiri atas
Plasma darah
Eritrosit
Leukosit
Trombosit
Jantung
Pembuluh darah
tersusun atas
• Arteri
• Vena
• Kapiler

A. Pendahuluan

Pada waktu bagian tubuh kita terluka, maka bagian yang terluka akan mengeluarkan darah. Mengapa? Karena seluruh tubuh kita dialiri oleh darah yang dipompa dari jantung kita. Oleh sebab itu, jika ada seseorang yang mengalami kecelakaan dan mengeluarkan banyak darah, harus segera ditolong dengan *transfusi* darah. Transfusi darah adalah proses pemasukan darah/ pemberian darah bagi seseorang yang sudah banyak kehilangan darah. Sistem peredaran darah dan sistem peredaran getah bening merupakan satu kesatuan dalam sistem sirkulasi atau transportasi. Dinamakan sistem transportasi karena darah berfungsi mengangkut zat-zat makanan dan mengedarkan gas-gas pernapasan ke seluruh tubuh. Sistem peredaran getah bening juga berfungsi untuk mengangkut lemak. Getah bening juga mengandung sel-sel darah putih yang dapat membunuh bibit penyakit yang masuk atau disebut sistem kekebalan tubuh. Sebagai manusia, sudah sepantasnya kita bersyukur telah diberi Tuhan darah.

Nah, agar kalian lebih jelas memahami mengenai sistem sirkulasi, kita akan membahasnya dalam bab ini. Kalian juga akan mempelajari berbagai kelainan atau penyakit yang berhubungan dengan sistem sirkulasi.

B. Organ Penyusun Sistem Peredaran Darah

Darah mengalir ke seluruh tubuh melalui sistem peredaran darah. Agar darah dapat mengalir ke seluruh tubuh, maka perlu didukung oleh alat-alat peredaran darah, yaitu jantung dan pembuluh darah. Darah selalu beredar di dalam pembuluh darah yaitu pembuluh nadi dan pembuluh balik sehingga disebut dengan peredaran tertutup.

1. Darah

Darah berbentuk cairan yang berwarna merah dan agak kental. Darah mengalir di seluruh tubuh kita, dan berhubungan langsung dengan sel-sel di dalam tubuh kita. Darah terbentuk dari beberapa komponen, yaitu plasma darah, sel darah merah, sel darah putih, dan keping darah.

a. Komposisi darah

1) Plasma darah

Plasma darah merupakan komponen terbesar dalam darah, karena lebih dari separuh darah mengandung plasma darah. Hampir 90% bagian dari plasma darah adalah air. Plasma darah berfungsi untuk mengangkut sari makanan ke sel-sel serta membawa sisa pembakaran dari sel ke tempat pembuangan. Fungsi lainnya adalah menghasilkan zat kekebalan tubuh terhadap penyakit atau zat antibodi.

Plasma darah terdiri atas air dan protein darah (4% albumin, 2,7% globulin, dan 0,3% fibrinogen). Cairan yang tidak mengandung unsur fibrinogen

disebut serum darah. Protein dalam serum inilah yang bertindak sebagai antibodi terhadap adanya benda asing (antigen). Zat antibodi adalah senyawa *gama globulin* yang terdapat dalam plasma darah dan berfungsi dalam sistem kekebalan tubuh. Pengetahuan tentang sistem kekebalan tubuh akan kalian pelajari nanti.

Tabel 4.1 Komposisi Kimia Plasma Darah

Komponen	Persen (%)
H_2O	90
Garam organik	<1
Protein	7
Bahan lainnya	2

Biologi Kita

Keajaiban Darah Tali Pusat

Darah tali pusat mengandung banyak *stem cells* yang bisa digunakan untuk mengobati berbagai penyakit kelainan darah dan penyakit lain pada bayi maupun keluarganya. Penerapan teknologi sel induk ini memberikan secercah harapan untuk terhindar dari berbagai jenis penyakit.

Keajaiban sel induk yang berasal dari darah tali pusat telah dirasakan banyak orang di berbagai belahan dunia. Salah satunya adalah Oh Tze Sun (6), bocah asal Singapura yang divonis menderita talasemia mayor sejak berusia enam bulan. Pada Juli 2001, Oh diberi suntikan darah tali pusat dari bocah yang tak berhubungan kekerabatan dengannya. Kini, ia tidak perlu disuntik setiap hari dan mendapat transfusi darah setiap tiga minggu.

Kehamilan dan kelahiran merupakan proses alami yang penuh keajaiban. Selama masa kehamilan, tali pusat merupakan satu-satunya penyambung kehidupan antara sang ibu dan bayi. Selama ini ari-ari dan tali pusat pada bayi yang baru lahir dibuang atau dikubur. Ada juga yang menyimpannya karena ada mitos tali pusat bisa membantu kesembuhan anak yang sakit.

Ternyata, pada tahun 1963, peneliti di dunia kedokteran menemukan sel induk dari tali pusat dapat dipakai si bayi dan keluarganya untuk menyembuhkan berbagai penyakit. Sebab, darah di dalam ari-ari dan tali pusat mengandung berjuta-juta sel induk pembentuk darah yang sejenis dengan sel induk yang ditemukan di dalam sumsum tulang.

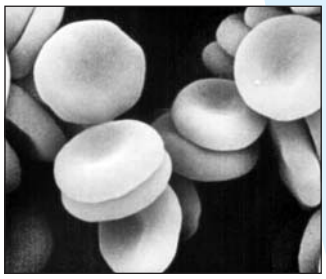
Saat ini penggunaan darah tali pusat dalam terapi klinis lebih banyak digunakan untuk pasien kanker, yakni dengan transplantasi *hematopoietic stem cells.*

Sumber: www.kompas.com, 17 November 2006.

2) Sel darah merah (eritrosit)

Sel darah merah merupakan bagian utama dari sel darah. Jumlah pada pria dewasa sekitar 5 juta sel/cc darah dan pada wanita sekitar 4 juta sel/cc darah. Jumlah eritrosit bervariasi tergantung pada jenis kelamin dan usia. Eritrosit berbentuk cakram bikonkaf, berdiameter kira-kira 8 µm, dan tidak mempunyai nukleus. Warna merah disebabkan oleh hemoglobin (Hb) yang berwarna merah tua. Hemoglobin berfungsi untuk mengikat oksigen. Setiap hemoglobin terdiri atas protein yang disebut *globin* dan pigmen non protein

yang disebut *heme*. Setiap heme berikatan dengan rantai polipeptida yang mengandung besi (Fe^{2+}). Kadar 1 Hb inilah yang dijadikan patokan dalam menentukan penyakit anemia.



Sumber: MIcrosoft Encarta, 2005.
Gambar 4.1 *Eritrosit.*

Fungsi utama hemoglobin adalah mengangkut oksigen dari paru-paru membentuk *oksihemoglobin* yang beredar ke seluruh jaringan-jaringan tubuh. Jika kadar oksigen dalam jaringan tubuh lebih rendah daripada dalam paru-paru maka oksihemoglobin dibebaskan dan oksigen digunakan dalam proses metabolisme sel. Hemoglobin juga penting dalam pengangkutan karbon dioksida dari jaringan ke paru-paru. Selain itu, hemoglobin berperan dalam menjaga keseimbangan asam basa (penyangga asam basa).

Pembentukan eritrosit disebut juga *eritropoeisis* yang terjadi di sumsum tulang dan diatur oleh hormon glikoprotein yang disebut *eritropoietin*. Eritrosit berusia sekitar 120 hari. Sel yang telah tua dihancurkan di limpa atau hati, dan sumsum merah pada tulang pipih. Sel darah merah yang sudah mati dihancurkan di dalam hati. Hemoglobin dirombak kemudian dijadikan pigmen bilirubin (pigmen empedu) yang berwarna kehijauan. Pigmen empedu diekskresikan oleh hati ke dalam empedu. Zat besi dari hemoglobin tidak diekskresikan tetapi digunakan kembali untuk membuat eritrosit baru.

Kegiatan 4.1

Mengamati Struktur Eritrosit

Tujuan: memahami struktur eritrosit.

Alat dan Bahan

1. Gelas objek dan gelas penutup
2. Mikroskop
3. Lanset (jarum penusuk)
4. Kapas
5. Syringe (alat suntik)
6. Larutan NaCl 0,6%
7. Larutan NaCl 0,9%
8. Alkohol 96%
9. Antikoagulan Na-sitrat

Langkah Kerja

1. Buatlah kelompok dengan teman kalian! Satu kelompok 5 orang.
2. Pada gelas objek taruhlah setetes darah katak, kemudian tambahkan beberapa tetes larutan NaCl 0,6%!

Sediaan darah katak diperoleh dengan cara mengisolasi langsung dari jantung katak. Pertama kali katak dibius, lalu rongga dada dibuka. Syringe yang telah dibilas larutan antikoagulan kemudian dimasukkan ke bagian ventrikel. Isaplah darah sebanyak yang diperlukan (sekitar 15 ml) dengan jalan menarik pompa syringe secara perlahan!

3. Ambillah beberapa ml darah dari salah satu teman kelompok kalian dengan jalan menusuk ujung jari dengan lancet yang telah steril! Teteskan darahmu pada kaca objek kemudian tambahkan beberapa tetes NaCl 0,9%! Tutuplah kaca objek dengan kaca penutup lalu amati di bawah mikroskop!
4. Buatlah gambar hasil pengamatan dan diskusikan pertanyaan berikut!

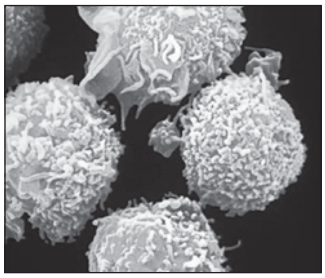
Pertanyaan

1. Perhatikan perbedaan antara kedua eritrosit!
2. Mengapa terjadi perbedaan bentuk eritrosit katak dan manusia yang dibuat apusan?

3) Sel darah putih (leukosit)

Sel darah putih bentuknya tidak tetap. Sel darah putih dibuat di sumsum merah, dan kelenjar limpa. Jumlah sel pada orang dewasa berkisar antara 6000 - 9000 sel/cc darah. Leukosit berumur 12 hari. Fungsi utama dari sel tersebut adalah untuk fagosit (pemakan) bibit penyakit/benda asing yang masuk ke dalam tubuh. Fungsi fagosit sel darah tersebut terkadang harus mencapai benda asing/kuman jauh di luar pembuluh darah. Jumlah sel tersebut bergantung dari bibit penyakit/benda asing yang masuk tubuh. Kemampuan leukosit untuk menembus dinding pembuluh darah (kapiler) untuk mencapai daerah tertentu disebut *diapedesis*. Peningkatan jumlah leukosit merupakan petunjuk adanya infeksi, misalnya radang paru-paru.

Komposisi darah:
- Plasma darah
- Eritrosit
- Leukosit
- Trombosit

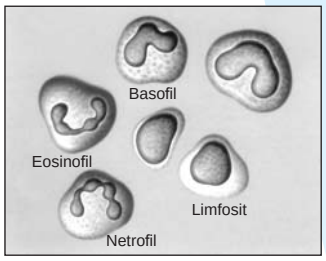


Sumber: *MIcrosoft Encarta, 2005.*
Gambar 4.2 *Leukosit.*

Leukosit memiliki satu nukleus, bening (tidak berwarna), dan gerakannya mirip dengan *Amoeba* disebut gerak amuboid. Perhatikan gambar 4.2. Jumlah leukosit di dalam darah dapat berkurang atau bertambah. Berkurangnya jumlah leukosit sampai di bawah 6.000 sel/cc darah disebut *leukopeni*. Sedangkan bertambahnya jumlah leukosit melebihi normal di atas 9.000 sel/cc darah disebut *leukositosis*. Leukosit dibagi menjadi:

a) Granulosit: leukosit yang di dalam sitoplasmanya memiliki butir-butir kasar (granula). Jenisnya adalah eosinofil, basofil, dan netrofil.

(1) Eosinofil mengandung granula berwarna merah (warna eosin) disebut juga asidofil. Berfungsi pada reaksi alergi (terutama infeksi cacing).
(2) Basofil mengandung granula berwarna biru (warna basa). Berfungsi pada reaksi alergi.
(3) Neutrofil (ada dua jenis sel yaitu neutrofil batang dan neutrofil segmen). Disebut juga sebagai sel-sel PMN (Poly Morpho Nuclear). Berfungsi sebagai fagosit.



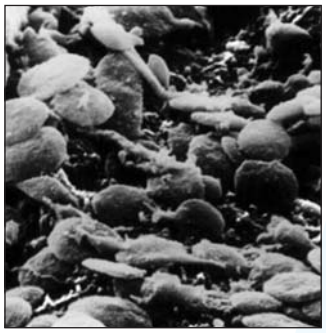
Sumber: *Harun Yahya, Rahasia Kekebalan Tubuh, 2004, Hal. 58.*
Gambar 4.3 *Macam-macam sel darah putih.*

b) Agranulosit: leukosit yang sitoplasmanya tidak memiliki granula. Jenisnya adalah limfosit dan monosit.
(1) Limfosit (ada dua jenis sel yaitu sel T dan sel B). Keduanya berfungsi untuk menyelenggarakan imunitas (kekebalan) tubuh.
Limfosit yang tetap berada di sumsum tulang berkembang menjadi sel B (imunitas humoral), sedangkan limfosit yang berasal dari sumsum tulang dan pindah ke timus berkembang menjadi sel T (imunitas seluler).
(2) Monosit merupakan leukosit dengan ukuran paling besar. Monosit dapat berpindah dari darah ke jaringan. Di dalam jaringan, monosit membesar dan bersifat fagosit menjadi *makrofag*. Makrofag bersama dengan neutrofil merupakan leukosit fagosit utama, paling efektif, dan berumur panjang.

Dari kelima jenis leukosit tersebut, neutrofil merupakan sel-sel yang paling banyak menyusun leukosit.

4) Keping darah (trombosit)

Bentuk keping darah tidak teratur dan tidak mempunyai inti. Diproduksi pada sumsum merah, serta berperan penting pada proses pembekuan darah. Trombosit disebut juga sel darah pembeku. Jumlah sel pada orang dewasa sekitar 200.000 - 500.000 sel/cc. Di dalam trombosit terdapat banyak sekali faktor pembeku (hemostasis) antara lain adalah *Faktor VIII (Anti Haemophilic Factor)*. Jika seseorang secara genetis trombositnya tidak mengandung faktor tersebut, maka orang tersebut menderita *Hemofili*.

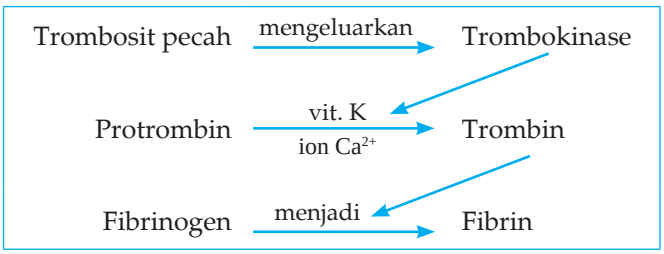

Sumber: *Microsoft Encarta, 2005.*
Gambar 4.4 *Keping darah.*

b. Proses pembekuan darah

Jika suatu jaringan tubuh terluka maka trombosit pada permukaan yang luka akan pecah dan mengeluarkan *enzim trombokinase (tromboplastin)*. Enzim ini akan mengubah protrombin menjadi trobin dengan bantuan ion kalsium dan vitamin K. Protrombin merupakan protein yang tidak stabil yang dibentuk di hati dan dengan mudah dapat pecah menjadi senyawa-senyawa yang lebih kecil, salah satunya adalah trombin. Selanjutnya, trombin

mengubah fibrinogen (larut dalam plasma darah) menjadi fibrin (tidak larut dalam plasma darah) yang berbentuk benang-benang halus. Benang-benang halus ini menjerat sel-sel darah merah dan membentuk gumpalan sehingga darah membeku. Jika luka seseorang hanya di permukan otot, biasanya darah cepat membeku. Tetapi, bila luka lebih dalam, diperlukan waktu yang lebih lama agar darah membeku.

Untuk lebih jelasnya perhatikan skema di bawah ini!



Tindak Lanjut

Carilah informasi dari internet, buku, atau surat kabar mengenai penyakit hemofili yang menyebabkan darah sukar membeku! Informasi berkaitan dengan gen yang mengendalikan, letaknya, serta proses penurunannya. Kumpulkan hasilnya pada guru kalian!

c. Golongan darah

Darah dibagi menjadi beberapa golongan berdasarkan tipe antigen yang terdapat di dalam sel. **Karl Landsteiner** (1868–1943) mengelompokkan golongan darah manusia berdasarkan ada tidaknya *aglutinogen*, yaitu golongan darah A, B, AB, dan O.

1) Golongan darah A, jika eritrosit mengandung aglutinogen A dan aglutinin β dalam plasma darah.
2) Golongan darah B, jika eritrosit mengandung aglutinogen B dan aglutinin α dalam plasma darah.
3) Golongan darah AB, jika eritrosit mengandung aglutinogen A dan B, dan dalam plasma darah tidak mengandung aglutinin.
4) Golongan darah O, jika eritrosit tidak mengandung aglutinogen A dan B, dan plasma darah memiliki aglutinin α dan β. Perhatikan tabel 4.2.

Tabel 4.2 Golongan Darah dan Unsur Pokok Aglutinogen dan Aglutinin

Golongan Darah	Aglutinogen	Aglutinin
A	A	b
B	B	a
AB	A dan B	-
O	-	a dan b

Transfusi darah adalah pemberian darah seseorang kepada orang lain. Orang yang berperan sebagai pemberi darah disebut *donor* dan yang menerima darah disebut *resipien*. Sel darah yang diberikan kepada resipien merupakan senyawa protein. Bila senyawa protein tidak sesuai dengan golongan darah resipien, maka darah resipien akan menolak darah donor. Penolakan tersebut ditandai dengan penggumpalan darah (*aglutinasi*) yang dapat membahayakan jiwa resipien. Jadi donor perlu memerhatikan jenis aglutinogen di dalam

eritrosit, sedangkan resipien perlu memerhatikan jenis aglutinin dalam plasma darah.

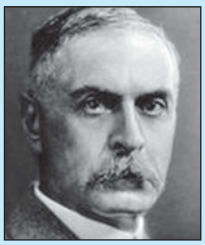
Tabel 4.3 Aglutinasi Sel-Sel dari Berbagai Golongan Darah dengan Aglutinin anti A dan anti B

Golongan Darah	Aglutinin anti A	Aglutinin anti B
A	+	-
B	-	+
AB	+	+
O	-	-

Aglutinin α akan menggumpalkan darah yang mengandung aglutinogen A, dan aglutinin β akan menggumpalkan darah yang mengandung aglutinogen B. Bila seseorang yang bergolongan darah A mentransfusikan darahnya kepada seseorang yang bergolongan darah B maka akan terjadi penggumpalan. Hal ini disebabkan karena resipien yang bergolongan darah B memiliki aglutinin α. Aglutinin α merupakan zat anti A (anti aglutinogen A). Padahal aglutinogen A dimiliki oleh donor yang bergolongan darah A, sehingga aglutinin α resipien akan menggumpalkan aglutinogen A donor. Jadi, jika aglutinogen dan aglutinin yang sesuai bercampur maka terjadi reaksi *aglutinasi*.

Golongan Darah O merupakan *donor universal*, karena golongan darah O dapat memberikan darahnya pada semua jenis golongan darah yang lain. Sedangkan golongan darah AB merupakan *resipien universal* karena golongan darah AB dapat menerima darah dari semua jenis golongan darah yang lain.

Profil



Landsteiner

Landsteiner, Karl (1868 – 1943), seorang ahli patologi Austria memperoleh gelar medisnya di Universitas Vienna, di mana dia mengajar patologi dari tahun 1909 sampai dengan tahun 1919. Dia menjadi anggota Peneliti Medis Institut Rockefeller (sekarang Universitas Rockefeller) di kota New York dari tahun 1922 sampai dengan tahun 1939. Landsteiner mengembangkan klasifikasi modern atas 4 tipe darah utama di mana dia dianugerahi penghargaan nobel di bidang fisiologi atau pengobatan pada tahun 1930.

Sumber: Microsoft Encarta, 2005.

Transfusi darah yang terbaik adalah tranfusi dari golongan darah yang sejenis. Jika transfusi dilakukan dengan jenis golongan darah yang berbeda, meskipun itu memungkinkan, misalnya golongan darah O ditransfusikan ke golongan darah A, B, atau AB masih mungkin terjadi penggumpalan meskipun sedikit.

Alasan terbanyak dilakukan transfusi darah adalah karena penurunan volume darah. Transfusi juga sering digunakan untuk mengobati anemia atau untuk memberi resipien beberapa unsur lain dari darah misalnya orang yang menderita demam berdarah membutuhkan trombosit karena turunnya jumlah trombosit.

Sistem golongan darah yang lain adalah sistem rhesus yang dikemukakan oleh **Landsteiner**. Nama rhesus diambil dari sejenis kera *Macacca rhesus* di India. Prinsipnya adalah terdapatnya antibodi terhadap antigen D (anti-D). Antigen D bersifat sangat antigenik dibandingkan dengan antigen Rh lainnya. Oleh karena itu, orang yang mempunyai antigen ini dikatakan Rh positif, sebaliknya orang yang tidak memiliki antigen D dikatakan Rh negatif (diturunkan secara genetis, Rh+ dominan terhadap Rh-).

Eritroblastosis fetalis adalah kelainan pada bayi di mana telah terjadi ketidaksesuaian faktor rhesus (bayi Rh+ dan ibu Rh–). Gejala penyakit ini ditemukan oleh **Levine**. Pertolongan pada bayi tersebut adalah dengan cara transfusi eksanguinasi (exchange transfussion).

- Sekitar 99% penduduk Benua Asia memiliki faktor Rh positif.
- 85% dari bangsa kulit putih memiliki Rh negatif.

Sekitar 99% penduduk Benua Asia memiliki faktor Rh positif, sedangkan 85% dari seluruh bangsa berkulit putih memiliki Rh negatif. Dengan demikian, sebaiknya sepasang suami istri harus memiliki jenis faktor Rh yang sama, yaitu sama-sama negatif atau sama-sama positif demi keselamatan keturunannya. Seorang ibu dengan Rh negatif yang mengandung bayi Rh positif yang didapat dari ayahnya, akan membentuk zat antibodi untuk melawan Rh si bayi jika darah si bayi sempat bercampur dengan darah si ibu sewaktu mengandung. Jika kemudian si ibu yang sama mengandung bayi kedua dengan Rh positif, maka antibodi Rh positif si ibu akan membunuh sel-sel darah merah bayi yang dikandungnya. Dengan demikian, sangat kecil kemungkinan bagi si ibu untuk melahirkan bayi kedua itu dalam keadaan hidup. Hal ini dapat dicegah dengan menyuntikkan antibodi Rh positif ke tubuh si ibu sesaat setelah melahirkan anak pertama. Antibodi ini akan menghancurkan darah Rh positif si bayi yang sempat masuk. Sekali sel-sel Rh positif ini dimusnahkan pembentukannya, antibodi Rh positif oleh tubuh si ibu selanjutnya dapat dicegah. Akan tetapi, jika sebelumnya tubuh si ibu telah sempat membentuk antibodi Rh positif, akan lebih baik jika si ibu tidak hamil lagi. Tindak lanjut di samping sistem ABO dan sistem Rh, penggolongan darah juga dapat dilakukan dengan sistem MN. Carilah informasi penggolangan sistem MN kemudian buatlah makalah sederhana dan kumpulkan pada guru kalian!

Kegiatan 4.2

Golongan Darah

Tujuan: mempelajari dan memahami golongan darah.

Alat dan Bahan

1. Kaca objek
2. Lanset
3. Kapas

4. Spidol (marker)
5. Tusuk gigi
6. Pipet
7. Alkohol 70%
8. Serum anti A dan serum anti B

Langkah Kerja

1. Pilihlah salah seorang dari kelompok kalian untuk diambil darahnya!
2. Bersihkan ujung jari tengah dengan menggunkan kapas yang telah diberi alkohol!
3. Tusukkan lanset pada ujung jari tengah teman kalian, kemudian teteskan pada kaca objek (di lingkaran A dan B)! Ingat, lanset yang digunakan untuk setiap orang harus baru! Jangan menggunakan lanset yang sudah dipakai karena bisa menularkan penyakit!
4. Berilah setetes serum anti A pada tetes darah di lingkaran A dan serum anti B pada darah di lingkaran B!
5. Kemudian aduk darah yang telah diberi anti serum dengan menggunakan tusuk gigi!
6. Amati setelah 5 menit! Apakah terjadi penggumpalan atau tidak.
7. Tentukan golongan darah teman kalian! Jika darah di lingkaran A menggumpal dan di B tidak, maka golongan darahnya adalah A.
8. Jika darah di lingkaran A tidak menggumpal dan di B menggumpal, maka golongan darahnya adalah B.
9. Jika darah di lingkaran A dan B menggumpal maka golongan darahnya adalah AB.
10. Jika darah di lingkaran A dan lingkaran B tidak menggumpal maka golongan darahnya adalah O.

Pertanyaan

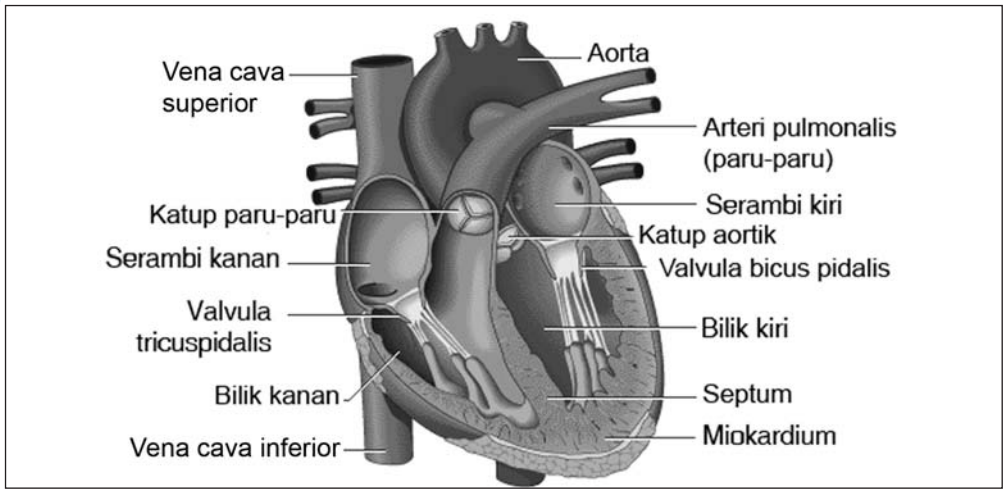
1. Antigen apa yang terkandung pada sel-sel darah temanmu?
2. Golongan darah apa yang dimiliki temanmu?

2. *Alat Peredaran Darah*

Fungsi darah dalam metabolisme tubuh kita antara lain sebagai alat transportasi/pengangkut/pengedar sari makanan, oksigen, karbon dioksida, sampah dan air, termoregulasi (pengatur suhu tubuh), imunologi (mengandung antibodi tubuh), serta homeostasis (mengatur keseimbangan zat, pH regulator). Darah didukung berbagai alat yang disebut alat peredaran darah untuk melakukan tugas-tugasnya.

a. Jantung

Jantung terletak di rongga dada sebelah kiri dan terdiri atas tiga lapisan, yaitu *perikardium* (lapisan luar), *miokardium* (lapisan tengah/otot jantung), dan *endokardium* (lapisan dalam). Jantung berfungsi sebagai alat pemompa darah. Oleh karena itu, jantung mempunyai otot yang kuat. Jantung juga merupakan pusat peredaran darah pada tubuh kita, karena dari jantunglah darah dialirkan ke seluruh bagian tubuh.



Sumber: Microsoft Encarta, 2005.

Gambar 4.5 *Jantung dan bagian-bagiannya.*

Ruang jantung manusia terdiri atas empat ruang, yaitu: serambi kiri *(atrium sinister)*, serambi kanan *(atrium dekster)*, bilik kiri *(ventrikel sinister)*, dan bilik kanan *(ventrikel dekster)*. Jantung manusia pada saat masih janin mempunyai lubang yang disebut *foramen oval*. Lubang ini terletak di antara serambi kiri dan serambi kanan.

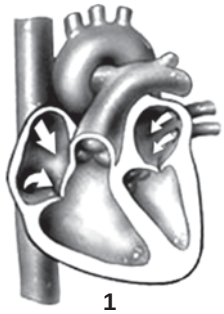
Antara serambi kiri dengan bilik kiri terdapat katup dua daun (*valvula bicuspidalis*), yang berfungsi agar darah dari bilik kiri tidak mengalir kembali ke serambi kiri. Antara serambi kanan dengan bilik kanan dihubungkan katup tiga daun (*valvula tricuspidalis*). Fungsi katup adalah menjaga agar darah dari bilik kanan tidak mengalir kembali ke serambi kanan. Jantung mendapat makanan (oksigenasi) melalui pembuluh *arteri koronaria*.

Dinding jantung bagian bilik memiliki otot yang lebih tebal dibandingkan dengan dinding jantung bagian serambi. Hal ini disebabkan kerja bilik jantung lebih berat, yaitu memompa darah ke seluruh tubuh.

Jantung bekerja sangat teratur, yaitu dengan mengembang dan mengempis. Hal ini terjadi karena ada otot-otot jantung yang mengendur (relaksasi) dan berkerut (kontraksi).

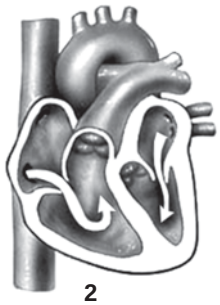
Cara kerja jantung adalah sebagi berikut:

1) Darah dari paru-paru yang banyak mengandung oksigen masuk ke dalam serambi kiri. Dari serambi kiri darah diteruskan ke bilik kiri. Selanjutnya darah di bilik kiri dipompa keluar dari jantung menuju ke seluruh tubuh, membawa oksigen.



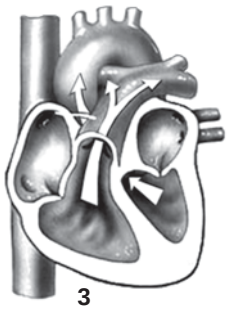
1

Darah masuk ke serambi kanan dan kiri, beberapa dari darah tersebut juga ada yang masuk ke bilik. Keadaan semacam ini disebut diastol. Baik serambi maupun bilik mengalami relaksasi.



2

Serambi kanan dan serambi kiri mengalami kontraksi. Hal ini dilakukan untuk memompa darah menuju bilik.



3

Bilik kanan dan bilik kiri mengalami kontraksi. Keadaan semacam ini dinamakan sistol. Kontraksi ini bertujuan untuk memompa darah menuju paru-paru dan seluruh tubuh.

Sumber: *Under the Microscope, Heart, 2005, hal. 17.*

Gambar 4.6 *Cara kerja jantung.*

2) Setelah oksigen digunakan untuk proses pembakaran di dalam sel-sel tubuh, darah kembali ke jantung dengan membawa karbon dioksida dan air.
3) Darah dari seluruh tubuh masuk ke serambi kanan. Dari serambi kanan darah masuk ke bilik kanan. Selanjutnya dari bilik kanan, darah dipompa keluar dari jantung menuju ke paru-paru untuk melepas karbon dioksida dan mengambil oksigen.

Jantung manusia memiliki empat ruang yaitu:
- serambi kiri
- serambi kanan
- bilik kiri
- bilik kanan

Gerakan jantung disebut denyut jantung. Denyut jantung terjadi jika otot jantung berkontraksi. Denyut jantung dapat kita rasakan pada pembuluh nadi (arteri) di dekat permukaan kulit, seperti di pergelangan tangan dan leher. Denyut jantung secara normal berkisar tujuh puluh kali per menit. Denyut jantung pada setiap orang berbeda-beda tergantung pada kondisi setiap orang. Usia, berat badan, jenis kelamin, kesehatan, dan kegiatan berpengaruh terhadap denyut jantung seseorang. Bayi memiliki denyut jantung yang lebih cepat dibanding orang dewasa dalam keadaan normal.

Tekanan darah biasanya menunjukkan tekanan dalam arteri utama. Tekanan darah pada saat jantung mengembang dan darah mengalir ke dalam jantung disebut *diastol*. Sebaliknya, tekanan darah saat otot jantung berkontraksi, sehingga jantung mengempis dan darah dipompa keluar dari jantung disebut *sistol*. Tekanan darah dapat diukur dengan menggunakan *tensimeter* atau *spignomonometer*. Tekanan darah pada orang normal antara 120 mm Hg pada sistol dan 80 mm Hg pada diastol (120/80 mm Hg). Dengan mengetahui tekanan darah seseorang, kita mengetahui kekuatan jantung ketika memompa darah.

b. Pembuluh darah

Pembuluh darah adalah suatu saluran yang berfungsi untuk mengalirkan darah dari jantung ke seluruh tubuh dan dari seluruh tubuh kembali ke jantung. Berdasarkan fungsinya, pembuluh darah terdiri atas: pembuluh nadi (arteri), pembuluh balik (vena), dan pembuluh kapiler.

1) Pembuluh nadi (arteri)

Pembuluh nadi (arteri) adalah pembuluh yang membawa darah keluar dari jantung ke jaringan. Dinding pembuluh nadi tebal, kuat dan elastis. Lapisan paling dalam dari arteri adalah endotelium yang dikelilingi oleh otot polos. Letaknya agak dalam, tersembunyi dari permukaan tubuh. Denyutnya terasa, misalnya di pergelangan tangan atau di leher, dan mempunyai satu katup dekat jantung. Katup berfungsi menjaga agar darah tidak mengalir kembali ke jantung.

Darah yang keluar dari jantung melalui dua pembuluh nadi. Pembuluh nadi pertama, keluar dari bilik kiri (ventrikel kiri). Pembuluh nadi ini membawa darah yang kaya oksigen untuk diedarkan ke seluruh tubuh. Pembuluh darah ini disebut nadi besar (aorta). Pembuluh nadi kedua, keluar dari bilik kanan (ventrikel kanan). Pembuluh nadi ini membawa darah dari seluruh tubuh yang kaya karbon dioksida menuju ke paru-paru. Pembuluh darah ini disebut pembuluh nadi paru-paru.

2) Pembuluh balik (vena)

Pembuluh balik (vena) adalah pembuluh darah yang membawa darah dari kapiler menuju jantung. Letaknya dekat permukaan kulit dan tampak kebiru-biruan. Dinding pembuluhnya tipis dan tidak elastis. Lapisan dalamnya bersifat licin karena dilapisi endotelium yang dikelilingi oleh otot polos. Denyut pembuluh balik tidak terasa.

Pembuluh balik mempunyai katup di sepanjang pembuluhnya. Katup ini berfungsi agar aliran darah berlangsung satu arah, yaitu ke jantung. Selain itu, katup ini juga menjaga agar darah tetap mengalir karena tidak ada pompa pada aliran darah di pembuluh darah balik.

Pada manusia, pembuluh balik dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu:

a) *Pembuluh balik paru-paru*
 Pembuluh balik paru-paru *(vena pulmonalis)* adalah pembuluh balik yang membawa darah dari paru-paru ke serambi kiri (atrium kiri) jantung. Pembuluh balik paru-paru membawa darah yang kaya oksigen.
b) *Pembuluh balik tubuh*
 Pembuluh balik tubuh berukuran besar, terdiri atas pembuluh balik atas *(vena kava superior)* dan pembuluh balik bawah *(vena kava inferior)*. Pembuluh balik atas membawa darah dari tubuh bagian atas, misalnya kepala dan lengan. Pembuluh balik bawah membawa darah dari tubuh bagian bawah. Kedua pembuluh balik tersebut bermuara ke serambi kanan (atrium kanan) jantung dan membawa darah yang kaya karbon

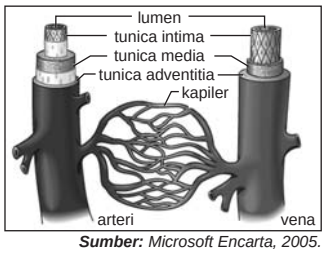
dioksida. Karbon dioksida merupakan sisa pembakaran yang terjadi pada seluruh jaringan tubuh.

Tabel 4.4 Perbedaan Pembuluh Nadi dan Pembuluh Balik

No.	Ciri-ciri	Pembuluh Nadi	Pembuluh Balik
1.	Arah aliran	Dari jantung	Menuju jantung
2.	Dinding pembuluh	Tebal dan elastis	Tipis dan tidak elastis
3.	Denyut	Terasa	Tidak terasa
4.	Letak	Di dalam, jauh dari permukaan kulit	Dekat permukaan kulit
5.	Katup	Satu, di dekat jantung	Banyak, di sepanjang pembuluh
6.	Jika terluka	Darah memancar	Darah menetes

3) Pembuluh kapiler

Pembuluh kapiler merupakan pembuluh darah yang sangat halus dan langsung berhubungan dengan sel-sel jaringan tubuh. Pembuluh kapiler menghubungkan ujung pembuluh nadi yang terkecil dan ujung pembuluh balik yang terkecil. Pembuluh kapiler sangat halus dan tipis karena hanya terdiri dari satu lapis sel. Lebar pembuluh kapiler ini hanya selebar 1 sel darah merah sehingga sel darah merah beriringan dalam pembuluh kapiler. Di dalam pembuluh kapiler inilah terjadi pertukaran oksigen dan karbon dioksida.



Sumber: *Microsoft Encarta, 2005.*
Gambar 4.7 *Pembuluh darah.*

Selama jantung masih bekerja, darah kita akan selalu beredar di sepanjang tubuh. Peredaran darah tersebut merupakan peredaran darah tertutup, karena darah manusia selalu berada dalam pembuluh, tidak pernah langsung masuk ke dalam jaringan tubuh.

C. Sistem Peredaran Darah Manusia

Peredaran darah pada manusia disebut peredaran darah ganda atau peredaran darah rangkap, karena setiap satu kali beredar ke seluruh tubuh darah melewati jantung sebanyak dua kali. Peredaran darah rangkap atau peredaran darah ganda terdiri atas peredaran darah besar dan peredaran darah kecil.

1. Peredaran Darah Besar (Peredaran Darah Sistemik)

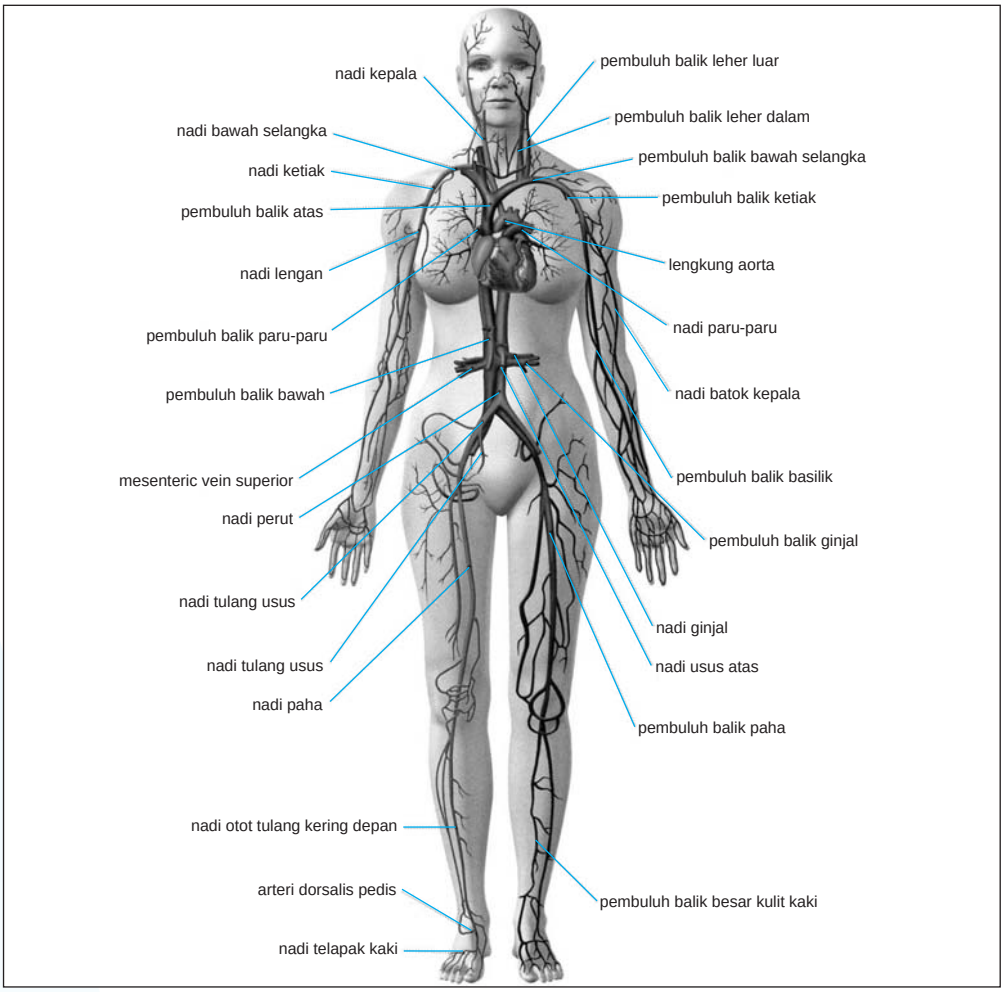
Peredaran darah besar adalah peredaran darah dari jantung ke seluruh tubuh, kecuali paru-paru. Peredaran darah besar dimulai dari bilik kiri jantung menuju ke tubuh bagian atas dan bagian bawah dengan membawa oksigen ke

seluruh sel-sel tubuh. Selanjutnya, darah masuk kembali ke jantung melalui serambi kanan dengan membawa karbon dioksida.

Pada sistem peredaran darah besar, ada suatu sistem peredaran darah yang disebut sistem *porta hepatica*. Dalam sistem porta ini, sebelum darah kembali ke jantung darah terlebih dahulu masuk ke dalam hati untuk dibersihkan dari racun-racun yang diserap oleh usus halus. Selanjutnya, darah kembali ke jantung melalui pembuluh balik (vena).

2. *Peredaran Darah Kecil (Peredaran Darah Pulmonalis)*

Peredaran darah kecil adalah peredaran darah dari jantung ke paru-paru dan kembali ke jantung. Peredaran darah kecil dimulai dari bilik kanan jantung, mengangkut karbon dioksida menuju ke paru-paru kanan dan paru-paru kiri. Itulah sebabnya darah yang berasal dari paru-paru kanan dan kiri kaya akan oksigen. Selanjutnya darah kembali ke jantung melalui serambi kiri.



Sumber: *Kamus Visual, 2004, Hal. 160.*

Gambar 4.8 *Sistem perederan darah pada manusia.*

D. Sistem Limfatik atau Peredaran Getah Bening

Sistem limfatik atau peredaran getah bening merupakan suatu cara di mana cairan dapat mengalir dari jaringan ke dalam darah. Sistem limfatik dapat mengangkut protein dan zat-zat berpartikel besar keluar dari jaringan yang tidak dapat diabsorpsi langsung ke dalam kapiler darah. Peredaran getah bening merupakan peredaran terbuka, karena selama peredarannya getah bening tidak selalu berada di dalam pembuluh.

1. *Cairan limfa (Getah Bening)*

Sel tubuh selalu dikelilingi cairan yang menjaga kelembapan sel, mensuplai makanan, dan mengumpulkan sisa metabolisme. Cairan ini berasal dari plasma darah yang keluar dari pembuluh darah ke jaringan tubuh. Cairan ini kemudian masuk ke cabang-cabang halus pembuluh limfa yang terbuka ujungnya.

Cairan tubuh yang masuk ke dalam pembuluh kapiler limfa disebut cairan limfa atau getah bening. Cairan ini berwarna kekuningan dan mengandung leukosit yang berfungsi untuk membunuh kuman-kuman penyakit yang masuk ke dalam tubuh.

2. *Pembuluh Limfa dan Kelenjar Limfa*

Pembuluh limfa terletak di sela-sela otot. Pembuluh ini bermula dari pembuluh besar kemudian bercabang-cabang menjadi cabang yang halus. Cabang-cabang yang halus bagian ujungnya terbuka. Melalui ujung pembuluh yang terbuka ini, cairan jaringan tubuh masuk ke dalam pembuluh limfa. Pembuluh limfa dibedakan atas pembuluh limfa kanan dan pembuluh limfa dada.

a. Pembuluh limfa kanan (ductus limfaticus dexter)

Pembuluh limfa kanan merupakan kumpulan pembuluh limfa yang berasal dari kepala, leher, dada, jantung, paru-paru, dan lengan bagian kanan. Pembuluh ini bermuara di pembuluh balik di bawah tulang selangka kanan.

b. Pembuluh limfa dada (ductus toraxicus)

Pembuluh limfa dada merupakan pembuluh limfa yang berasal dari bagian kiri tubuh, saluran pencernaan, dan sisi kanan bagian bawah tubuh. Pembuluh ini bermuara di pembuluh balik di bawah tulang selangka kiri.

Di sepanjang pembuluh limfa terdapat beberapa kelenjar limfa, terutama pada pangkal paha, ketiak, dan leher. Kelenjar limfa menghasilkan sel darah putih dan berfungsi untuk mencegah infeksi lebih lanjut. Pada saat memerangi infeksi, kelenjar limfa sering membengkak.

Peredaran limfa dimulai ketika cairan jaringan tubuh masuk ke ujung pembuluh limfa yang terbuka dan berakhir pada pembuluh balik (vena) di bawah tulang selangka (dekat leher). Oleh karena itu, peredaran limfa disebut peredaran terbuka. Pembuluh limfa hanya berupa vena, dan tidak ada arterinya. Peredaran limfa hanya satu arah, yaitu dari jaringan tubuh ke

vena di sekitar leher. Dalam peredaran limfa, aliran cairan limfa hanya ke satu arah karena di sepanjang pembuluh limfa terdapat katup-katup.

3. *Organ-Organ Limfa*

a. Limpa

Limpa terletak di dalam rongga perut di belakang lambung. Limpa berfungsi antara lain sebagai:

1) tempat pembentukan sel darah putih (leukosit) dan antibodi,
2) tempat membunuh kuman penyakit,
3) tempat pembongkaran sel darah merah yang sudah mati, dan
4) tempat cadangan sel darah. Jika ada bagian tubuh yang kekurangan darah, limfa akan mengeluarkan cadangannya.

b. Tonsil

Tonsil terletak di bagian belakang rongga mulut sebelah kanan dan kiri serta di rongga hidung bagian belakang. Tonsil di rongga mulut disebut amandel sedangkan di rongga hidung disebut polip. Tonsil berfungsi sebagai pertahanan tubuh dari kuman yang masuk ke dalam mulut dan hidung. Bila terjadi infeksi, amandel, dan polip meradang dan membengkak. Pembengkakan tonsil dapat mengganggu pernapasan sehingga harus dibuang dengan jalan operasi.

c. Timus

Timus merupakan kelenjar yang sebagian besar terdiri atas jaringan limfa. Timus tersusun atas sel-sel epitel yang menyerupai limfosit. Timus memproduksi hormon yang berfungsi untuk merangsang produksi limfosit dalam organ-organ limfa.

Biologi Kita

Waspadai Gejala Limfoma Non-Hodgkin

Jika kalian mendapati benjolan yang kenyal, tidak terasa nyeri, mudah digerakkan, dan tidak ada tanda-tanda radang, perlu dicurigai sebagai *limfoma non-Hodgkin* atau kanker kelenjar getah bening. Namun demikian, tidak semua benjolan yang terjadi di sistem limfatik merupakan kanker kelenjar getah bening. Bisa saja benjolan tersebut hasil perlawanan kelenjar limfa dengan sejenis virus atau mungkin tuberkulosis limfa. Limfoma terjadi akibat pertumbuhan yang berlebihan satu klon sel limfosit pada tahapan tertentu saat proses pematangan di kelenjar getah bening. Jenis limfoma yang paling banyak terjadi pada pasien adalah *limfoma non-Hodgkin*.

Limfoma non-Hodgkin (LNH) adalah tumor yang berasal dari pembesaran kelenjar getah bening perifer, terjangkitnya sumsum tulang pada *limfoma indolent* (jinak), dan pembesaran kelenjar getah bening di rongga dada *(mediastinum)* serta rongga perut (*abdomen*) pada limfoma agresif. Adapun gejala sistemiknya berupa demam yang tidak diketahui penyebabnya, berat badan menurun lebih dari 10 kg dalam enam bulan terakhir, dan berkeringat pada malam hari. Orang yang mengalami salah satu gejala di atas dikategorikan dalam penyakit LNH derajat B, sedangkan yang tidak mengalami gejala tersebut dikategorikan dalam LNH derajat A.

Sumber: *www.tempo.co.id, Juni 2001.*

E. Sistem Kekebalan Tubuh

Kuman penyakit seperti bakteri dan virus selalu berusaha memasuki tubuh manusia. Jika berhasil, mereka akan menginfeksi tubuh kita dan menyebabkan penyakit. Untungnya, tubuh manusia mempunyai kemampuan pertahanan untuk melawan berbagai macam kuman penyakit yang disebut dengan kekebalan/imunitas. Bila ada kuman atau bakteri yang masuk, sel darah putih akan memburu dan menghancurkannya.

Pada dasarnya di dalam tubuh dapat dijumpai dua macam kekebalan yang berhubungan erat satu sama lainnya, yaitu:

1. Antibodi, merupakan molekul globulin yang mampu menyerang agen penyakit.
2. Pembentukan sel limfosit dalam jumlah besar yang secara khusus dirancang untuk menghancurkan benda asing. Kekebalan ini disebut kekebalan seluler.

Tiap antibodi bersifat spesifik terhadap antigen dan reaksinya bermacam-macam. Antibodi yang dapat menggumpalkan antigen disebut *presipitin*, antibodi yang dapat menguraikan antigen disebut *lisin*, dan antibodi yang dapat menawarkan racun disebut *antitoksin*. Antibodi bekerja melalui dua cara yang berbeda untuk mempertahankan tubuh terhadap penyebab penyakit, yaitu:

1. dengan menyerang langsung penyebab penyakit tersebut
2. dengan mengaktifkan sistem komplemen yang kemudian akan merusak penyebab penyakit tersebut. Antibodi dapat melemahkan penyebab penyakit dengan salah satu cara berikut:
 a. Aglutinasi, terbentuknya gumpalan-gumpalan yang terdiri atas struktur besar berupa antigen pada permukaannya.
 b. Presipitasi, terbentuknya molekul yang besar antara antigen yang larut, misalnya racun tetanus dengan antibodi sehingga berubah menjadi tidak larut dan akan mengendap.
 c. Netralisasi, antibodi yang bersifat antigenik akan menutupi tempat-tempat yang toksik dari agen penyebab penyakit.
 d. Lisis, beberapa antibodi yang bersifat antigenik yang sangat kuat kadang-kadang mampu langsung menyerang membran sel agen penyebab penyakit sehingga menyebabkan sel tersebut rusak.

Kekebalan pada tubuh manusia terdiri atas kekebalan bawaan dan kekebalan buatan.

1. *Kekebalan Bawaan*

Kekebalan bawaan adalah kekebalan yang disebabkan oleh proses umum dan bukan disebabkan proses melawan organisme penyebab penyakit yang spesifik. Kekebalan bawaan meliputi beberapa mekanisme antara lain:

a. Fagositosis yang dilakukan oleh leukosit dan sel pada sistem makrofag jaringan terhadap bakteri serta penyebab penyakit lainnya.

b. Perusakan oleh asam yang disekresikan oleh lambung dan enzim pencernaan terhadap organisme yang masuk ke dalam lambung.
c. Daya tahan kulit terhadap serangan organisme penyebab penyakit.
d. Adanya senyawa-senyawa kimia tertentu di dalam darah yang akan melekat pada organisme asing atau toksin dan akan menghancurkannya. Senyawa-senyawa tersebut adalah lisozim. Lisozim merupakan suatu polisakarida yang menyerang bakteri sehingga bakteri tersebut menjadi larut, polipeptida dasar yang akan bereaksi dengan mengaktifkan beberapa macam bakteri gram positif tertentu, dan kompleks komplemen yang terdiri atas kurang lebih 20 protein yang dapat diaktifkan dengan bermacam-macam cara untuk merusak bakteri.

2. *Kekebalan buatan*

Sebagian besar dari kekebalan disebabkan oleh suatu sistem imun khusus. Sistem imun tersebut membentuk antibodi atau limfosit yang diaktifkan dan akan menghancurkan organisme atau toksin tertentu. Kekebalan semacam ini disebut kekebalan buatan. Kekebalan buatan dapat dilakukan dengan pemberian imunisasi atau vaksin.

Imunisasi diartikan *pengebalan* (terhadap penyakit). Kalau dalam istilah kesehatan imunisasi diartikan *pemberian vaksin untuk mencegah terjadinya penyakit tertentu*. Biasanya imunisasi bisa diberikan dengan cara disuntikkan maupun diteteskan pada mulut anak balita (bawah lima tahun).

Vaksin adalah suatu obat yang diberikan untuk membantu mencegah suatu penyakit. Vaksin membantu tubuh untuk menghasilkan antibodi. Antibodi ini berfungsi melindungi tubuh terhadap penyakit. Vaksin tidak hanya menjaga agar anak tetap sehat, tetapi juga membantu membasmi penyakit yang serius yang timbul pada masa kanak-kanak. Vaksin secara umum cukup aman. Keuntungan perlindungan yang diberikan vaksin jauh lebih besar daripada efek samping yang mungkin timbul. Dengan adanya vaksin maka banyak penyakit masa kanak-kanak yang serius, sekarang ini sudah jarang ditemukan.

Kekebalan buatan sering dapat memberikan perlindungan yang hebat. Contohnya, kekebalan buatan dapat melindungi tubuh dari efek toksin tetanus sampai 100.000 kali dari dosis. Toksin tetanus dapat menimbulkan kematian bila tidak ada kekebalan.

Adapun jenis-jenis imunisasi adalah sebagai berikut:

a. *Imunisasi BCG*
Vaksinasi BCG memberikan kekebalan aktif terhadap penyakit tuberkulosis (TBC). BCG diberikan 1 kali sebelum anak berumur 2 bulan. Vaksin ini mengandung bakteri *Bacillus calmette-guerrin* hidup yang dilemahkan, sebanyak 50.000-1.000.000 partikel/dosis.
b. *Imunisasi DPT*
Imunisasi DPT adalah suatu vaksin *three in one* yang melindungi tubuh terhadap difteri, pertusis, dan tetanus. Difteri adalah suatu infeksi bakteri

yang menyerang tenggorokan dan dapat menyebabkan komplikasi yang serius atau fatal. Pertusis (batuk rejan) adalah infeksi bakteri pada saluran udara yang ditandai dengan batuk hebat yang menetap serta bunyi pernapasan yang melengking. Pertusis berlangsung selama beberapa minggu dan dapat menyebabkan serangan batuk hebat sehingga anak tidak dapat bernapas, serta makan atau minum. Pertusis juga dapat menimbulkan komplikasi serius, seperti pneumonia, kejang, dan kerusakan otak. Tetanus adalah infeksi bakteri yang bisa menyebabkan kekakuan pada rahang serta kejang.

c. *Imunisasi DT*
Imunisasi DT memberikan kekebalan aktif terhadap toksin yang dihasilkan oleh kuman penyebab difteri dan tetanus. Vaksin DT dibuat untuk keperluan khusus, misalnya pada anak yang tidak boleh atau tidak perlu menerima imunisasi pertusis, tetapi masih perlu menerima imunisasi difteri dan tetanus.

d. *Imunisasi TT*
Imunisasi tetanus (TT, tetanus toksoid) memberikan kekebalan aktif terhadap penyakit tetanus. ATS (Anti Tetanus Serum) juga dapat digunakan untuk pencegahan (imunisasi pasif) maupun pengobatan penyakit tetanus.

e. *Imunisasi campak*
Imunisasi campak memberikan kekebalan aktif terhadap penyakit campak (tampek). Imunisasi campak diberikan sebanyak 1 dosis pada saat anak berumur 9 bulan atau lebih.

f. *Imunisasi MMR*
Imunisasi MMR memberi perlindungan terhadap campak, gondongan, dan campak Jerman. Imunisasi ini disuntikkan sebanyak 2 kali. Campak menyebabkan demam, ruam kulit, batuk, hidung meler, dan mata berair. Campak juga menyebabkan infeksi telinga dan pneumonia. Campak juga bisa menyebabkan masalah yang lebih serius, seperti pembengkakan otak dan bahkan kematian. Gondongan menyebabkan demam, sakit kepala, dan pembengkakan pada salah satu maupun kedua kelenjar liur utama yang disertai nyeri. Gondongan bisa menyebabkan meningitis (infeksi pada selaput otak dan korda spinalis) dan pembengkakan otak. Kadang gondongan juga menyebabkan pembengkakan pada buah zakar sehingga terjadi kemandulan. Campak Jerman (Rubella) menyebabkan demam ringan, ruam kulit, dan pembengkakan kelenjar getah bening leher. Rubella juga bisa menyebabkan pembengkakan otak atau gangguan perdarahan.

g. *Imunisasi Hib*
Imunisasi Hib membantu dalam mencegah infeksi oleh *Haemophilus influenza* tipe b. Organisme ini bisa menyebabkan meningitis, pneumonia, dan infeksi tenggorokan berat yang bisa menyebabkan anak tersedak.

h. Imunisasi varisella
Imunisasi varisella memberikan perlindungan terhadap cacar air. Cacar air ditandai dengan ruam kulit yang membentuk lepuhan, kemudian secara perlahan mengering dan membentuk keropeng yang akan mengelupas.

i. Imunisasi HBV
Imunisasi HBV memberikan kekebalan terhadap hepatitis B. Hepatitis B adalah suatu infeksi hati yang bisa menyebabkan kanker hati dan kematian.

j. Imunisasi pneumokokus konjugata
Imunisasi pneumokokus konjugata melindungi anak terhadap sejenis bakteri yang sering menyebabkan infeksi telinga. Bakteri ini juga dapat menyebabkan penyakit yang lebih serius, seperti meningitis dan bakteremia (infeksi darah).

F. Gangguan pada Sistem Peredaran Darah dan Kekebalan Tubuh

1. Gangguan pada Sistem Peredaran Darah

Kelainan dan penyakit pada sistem peredaran darah sering kita jumpai pada seseorang. Kelainan dan penyakit tersebut dapat disebabkan oleh faktor keturunan (genetik), adanya kerusakan pada sistem peredaran darah, dan faktor-faktor lain yang belum diketahui. Kelainan dan penyakit tersebut antara lain:

a. Anemia
Anemia sering disebut sebagai penyakit kurang darah. Kurang darah terjadi karena kandungan hemoglobin (Hb) dalam sel darah merah rendah atau berkurangnya sel darah merah. Berkurangnya kandungan Hb dapat disebabkan makanan yang kurang mengandung zat besi. Berkurangnya sel darah merah sering terjadi pada penderita penyakit malaria. Hal ini karena plasmodium sebagai penyebab penyakit malaria memakan sel darah merah. Demikian pula penderita penyakit cacing tambang sering mengalami anemia.

b. Talasemia
Talasemia merupakan penyakit yang diturunkan. Talasemia sering terdapat pada bayi dan anak-anak. Pada penderita talasemia, daya ikat sel darah merahnya terhadap oksigen rendah karena kegagalan pembentukan hemoglobin. Penderita talasemia berat membutuhkan transfusi darah setiap bulan.

c. Hemofili
Hemofili merupakan penyakit yang menyebabkan darah sukar membeku bila terjadi luka. Kelainan ini disebabkan oleh faktor keturunan (genetik). Kelainan tidak dapat diobati, tetapi dapat dicegah. Penderita harus menghindari terjadinya pendarahan agar darah tidak mengalir terus.

d. *Leukemia*

Leukemia atau kanker darah adalah penyakit bertambahnya sel darah putih yang tidak terkendali.

Beberapa gejala leukemia yaitu:
1) Demam, kedinginan, dan gejala seperti flu.
2) Badan lemah dan sakit kepala.
3) Sering mengalami infeksi.
4) Kehilangan berat badan.
5) Berkeringat, terutama malam hari.
6) Nyeri tulang atau sendi.

Sampai saat ini, belum diketahui secara pasti penyebab leukemia. Namun, para peneliti menduga penyebab leukemia antara lain radiasi energi tinggi, misalnya bom nuklir, bahan kimia benzena yang mengenai seseorang dalam jangka waktu lama, dan keadaan genetik seseorang, misalnya penderita *sindrom Down* lebih banyak menderita leukemia dibanding orang normal.

e. *Hipertensi*

Hipertensi disebabkan oleh tekanan darah yang tinggi di dalam arteri. Hipertensi atau tekanan darah tinggi terjadi bila nilai ambang tekanan sistolik antara 140 – 200 mmHg atau lebih dan nilai ambang tekanan ambang diastolik antara 90 – 110 mmHg atau lebih.

Beberapa penderita tidak menunjukkan gejala-gejala akibat tekanan darah tinggi. Namun, beberapa orang ada yang mengalami gejala-gejala, yaitu sakit kepala, napas pendek, dan penglihatan kabur. Penyebab hipertensi berkaitan dengan umur, kegemukan, dan keturunan.

f. *Koronariasis*

Koronariasis merupakan penyempitan atau penyumbatan nadi tajuk *(arteri koronari)* pada jantung. Melalui nadi tajuk tersebut, jantung mendapat makan dan oksigen. Nadi tajuk berukuran kecil sehingga bila tersumbat, denyut jantung dapat terganggu atau terhenti. Penderita yang terkena koronariasis akan merasakan sakit di bagian dada (jantung).

Koronariasis disebabkan oleh terbentuknya gumpalan darah pada dinding dalam arteri koronaria. Gumpalan ini disebabkan oleh menumpuknya kolesterol di dalam dinding arteri.

Tindak Lanjut

Kita sering mendengar seseorang mengalami kelumpuhan karena strok. Strok sendiri merupakan suatu manifestasi klinik akibat gangguan peredaran darah otak yang menyebabkan kerusakan jaringan otak. Carilah artikel yang menjelaskan penyakit ini. Kumpulkan hasilnya pada gurumu!

g. *Varises*

Varises merupakan pelebaran pembuluh balik (vena). Varises biasanya terjadi di kaki terutama di bagian betis. Varises yang terdapat di bagian anus disebut ambeien. Varises merupakan hal yang biasa terjadi dan tidak berbahaya.

Penyebab varises tidak diketahui secara keseluruhan. Dalam beberapa kasus, varises dapat disebabkan oleh pembengkakan pada vena. Varises tidak perlu diobati. Namun jika terjadi varises atau ambeien yang parah, dapat dilakukan operasi.

h. Hemoroid/Wasir/Ambien

Hemoroid merupakan pelebaran pembuluh darah balik pada daerah anus. Wasir dapat disebabkan terlalu banyak duduk, kurang gerak, dan terlalu kuat mengejan, akibatnya aliran darah tidak lancar.

2. Gangguan dan Kelainan Sistem Kekebalan Tubuh

Penyakit dan Kelainan Sistem Imunitas.

a. Alergi

Alergi adalah respon yang hipersensitif terhadap antigen tertentu yang berasal dari lingkungan. Antigen yang memicu terjadinya reaksi alergi disebut dengan alergen. Alergi dapat disebabkan karena terkena jenis tumbuhan tertentu yang menyebabkan gatal. Reaksi alergi juga dapat timbul dalam diri seseorang setelah memakan jenis makanan tertentu, misalnya udang, tiram, umbi, atau buah-buahan tertentu.

Terdapat dua macam kategori utama reaksi alergi, yaitu reaksi alergi cepat dan reaksi alergi yang tertunda. Reaksi alergi cepat, misalnya karena tersengat lebah, menghirup tepung sari, atau binatang kesayangan. Reaksi alergi cepat ini disebabkan oleh mekanisme kekebalan humoral, yaitu diproduksinya imunoglobulin E (IgE). Reaksi alergi yang kedua adalah reaksi alergi lambat atau hipersensitif tipe tertunda DTH (Delayed Type Hypersensitivity). Contoh DTH ekstrim terjadi ketika makrofag tidak bisa dengan mudah menghancurkan substansi benda asing akibatnya sel T diaktifkan dan mendorong peradangan jaringan tubuh.

b. Penolakan Transplantasi (Pencangkokan)

Di dalam dunia kedokteran kadang-kadang dilakukan tindakan penyelamatan pasien dengan melakukan pencangkokan (transplantasi organ) untuk menggantikan suatu organ yang sudah mengalami disfungsi. Tetapi tindakan ini tidak mudah sebab bisa menimbulkan reaksi penolakan dari tubuh resipien terhadap organ donor yang diberikan kepadanya. Hal ini terjadi karena setiap individu mempunyai histon kompatibilitas mayor *(MHC = major histon compatibility)* yaitu sidik jari protein yang unik yang bertanggung jawab terhadap stimulasi penolakan pencangkokan jaringan dan organ.

c. Penurunan Kekebalan

Penyakit menurunnya kekebalan tubuh disebut dengan penyakit AIDS (Acquired Immunodeficiency Syndrome). Penyakit ini disebabkan oleh virus HIV (Human Immunodeficiency Virus). Virus ini merupakan virus yang paling berbahaya. Tidak seperti virus lainnya, mikroorganisme ini benar-benar menonaktifkan sistem pertahanan. Virus HIV menimbulkan kerusakan yang tak dapat diperbaiki pada tubuh manusia dengan menyebabkan runtuhnya

sistem pertahanan. Keadaan ini membuat manusia sangat mudah diserang oleh segala jenis penyakit, yang akhirnya menyebabkan berbagai kondisi fatal.

Penyakit AIDS pernah diklaim sebagai penyakit sosial, karena awalnya diketahui penyakit ini ditularkan melalui hubungan seksual pada pasangan yang tidak resmi baik homoseksual maupun heteroseksual. Sebenarnya penularan virus HIV dapat terjadi dengan beberapa cara yaitu:

1) hubungan seksual dengan penderita baik homoseksual maupun heteroseksual,
2) transfusi darah dari donor penderita,
3) penggunaan jarum suntik bekas dari penderita,
4) penularan dari ibu hamil kepada anaknya.

d. Penyakit Autoimunitas

Penyakit autoimunitas merupakan penyakit yang menyebabkan gagalnya antibodi membedakan antigen asing dengan antigen dari dalam tubuh sendiri. Akibatnya, bisa menyebabkan terjadinya perusakan zat-zat yang dianggap sebagai antigen yang berada dalam tubuhnya sendiri. Penyakit autoimunitas terjadi karena sistem kekebalan kehilangan toleransinya terhadap diri sendiri dan melancarkan perlawanan terhadap molekul-molekul tertentu di dalam tubuh.

Beberapa penyakit yang tergolong autoimunitas antara lain, sebagai berikut:

1) *Eritematosus lupus sistemik (lupus)*
 Penyakit ini menyebabkan sistem kekebalan membangkitkan antibodi yang dikenal sebagai autoantibodi terhadap semua jenis molekul sendiri. Bahkan protein histon dan DNA yang dibebaskan oleh perombakan sel normal dalam tubuh juga dilawan. Ciri-ciri penyakit lupus antara lain: terjadinya ruam kulit, demam, artritis, dan kegagalan fungsi ginjal.

2) *Artritis reumatoid*
 Penyakit ini menyebabkan kerusakan dan peradangan yang sangat menyakitkan pada tulang rawan dan tulang-tulang pada persendian.

e. Multiple sclerosis (MS)

Penyakit ini banyak dijumpai di negara-negara maju. Pada penderita penyakit ini menyebabkan sel limfosit T bersifat reaktif terhadap mielin serta memasuki sistem saraf pusat dan merusak selubung mielin dari neuron. Akibatnya penderita akan mengalami gangguan abnormalitas neurologis yang serius.

Bio Eksplorasi

Jangan Mengabaikan Jadwal Imunisasi!

ORANG TUA yang teledor biasanya baru menyesali perilakunya setelah si anak jatuh sakit. Kenapa ya dulu lupa mengimunisasi anak? Mengapa tidak menyimpan dokumen kesehatan anak dengan baik, hingga terselip entah di mana?

Kesibukan bekerja juga kerap menjadi penyebab orang tua lupa mengecek kesehatan anak. Setelah anak jatuh sakit, baru orang tua menyadari, betapa kesehatan anak jauh lebih berharga dibandingkan harta benda.

Virus polio liar yang mewabah di Sukabumi beberapa waktu lalu membuat masyarakat, terutama orang tua yang memiliki anak berumur di bawah lima tahun (balita), tercengang. Sejumlah anak yang terjangkit virus itu mengalami lumpuh layuh. Entah karena pemerintah kurang sosialisasi atau budaya setempat yang masih mengandalkan dukun, program imunisasi tidak berjalan lancar.

Sebenarnya, imunisasi di Indonesia secara teratur dimulai sejak tahun 1956 sehingga Indonesia dinyatakan bebas cacar oleh Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) pada tahun 1974. Tahun 1977 WHO memulai program imunisasi yang di Indonesia disebut Program Pengembangan Imunisasi (PPI).

Pemerintah sebenarnya tidak mewajibkan berbagai jenis imunisasi harus dilakukan semua. Hanya lima jenis imunisasi pada anak di bawah satu tahun yang harus dilakukan, yakni BCG (bacillus calmette-guerin), DPT (difteri pertusis tetanus), polio, campak, dan hepatitis B.

Imunisasi BCG dilakukan sekali pada bayi usia 0-11 bulan, lalu DPT diberikan tiga kali pada bayi usia 2-11 bulan dengan interval minimal empat minggu. Imunisasi polio diberikan empat kali pada bayi 0-11 bulan dengan interval minimal empat minggu. Sedangkan campak diberikan satu kali pada bayi usai 9-11 bulan. Terakhir, imunisasi hepatitis B harus diberikan tiga kali pada bayi usia 1-11 bulan, dengan interval minimal empat minggu.

Hanya saja, karena imunisasi harus diberikan berkali-kali dengan jangka waktu tertentu, orang tua kerap lupa dan harus mencatat dalam dokumen kesehatan anak yang biasanya diberikan oleh bidan, baik di tempat praktik atau di rumah sakit. Jika orang tua teledor, bisa-bisa dokumen kesehatan pun terselip.

Sumber: *www.kompas.com, 19 Juni 2005*

Pertanyaan

1. Menurut kalian, apa penyebab munculnya kembali virus polio di Indonesia?
2. Mengapa hanya lima jenis imunisasi yang diwajibkan dan menjadi program pemerintah?

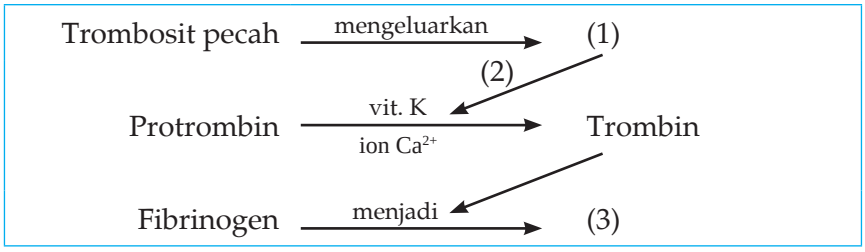
Rangkuman

1. Darah mengalir ke seluruh tubuh melalui sistem peredaran darah.
2. Darah berbentuk cairan yang berwarna merah, agak kental, dan lengket. Darah terbentuk dari plasma darah, sel darah merah, sel darah putih, dan keping darah.
3. Sel darah putih memiliki lima jenis bentuk yaitu eosinofil, basosil, neutrofil, limfosit, dan monosit.
4. Trombosit berperan dalam pembekuan darah. Namun ini dapat terjadi apabila trombosit memiliki faktor VIII.
5. Manusia memiliki golongan darah yaitu A, B, AB, dan O. Orang yang memiliki golongan darah O disebut donor universal, sedangkan orang yang memiliki golongan darah AB disebut resipien universal.
6. Alat peredaran darah manusia terdiri dari jantung dan pembuluh darah. Pembuluh darah terdiri dari arteri, vena, dan kapiler.
7. Peredaran darah manusia terbagi menjadi dua macam yaitu peredaran darah besar dan peredaran darah kecil.
8. Cairan dapat mengalir dari jaringan ke dalam darah melalui sistem limfatik atau peredaran getah bening.
9. Pembuluh limfa dibedakan atas pembuluh limfa kanan dan pembuluh limfa dada.
10. Kelainan dan penyakit pada sistem peredaran darah antara lain anemia, talasemia, hemofili, dan sebagainya.
11. Kekebalan pada tubuh manusia terdiri atas kekebalan bawaan dan kekebalan buatan.
12. Sebagian besar dari kekebalan disebabkan oleh suatu sistem imun khusus. Sistem imun tersebut membentuk antibodi atau limfosit yang diaktifkan dan akan menghancurkan organisme atau toksin tertentu.

Uji Kompetensi

I. Pilihan ganda

1. *Perhatikan skema proses pembekuan darah yang ada di bawah ini!*



Urutan yang benar untuk nomor 1, 2, dan 3 adalah
a. trombokinase, anti hemofili, dan fibrin
b. anti hemofili, fibrin, dan trombokinase
c. trombokinase, fibrin, dan anti hemofili
d. anti hemofili, trombokinase, dan fibrin
e. fibrin, trombokinase, dan anti hemofili

2. Orang yang bergolongan darah O tidak boleh mendapat transfusi dari orang yang bergolongan darah A sebab
a. di dalam plasma darah golongan O terdapat antibodi a yang akan menggumpalkan eritrosit golongan darah
b. antigen A yang terdapat di dalam plasma golongan darah O akan menggumpalkan antibodi dari golongan darah A
c. di dalam plasma darah golongan O tidak terdapat antigen A yang akan menggumpalkan eritrosit golongan A
d. di dalam plasma darah golongan A terdapat antigen A yang akan merusak antibodi a pada golongan darah O
e. di dalam plasma darah golongan A tidak terdapat antibodi a yang sesuai dengan antibodi a dalam darah golongan O

3. Berdasarkan tabel berikut ini orang yang bergolongan darah AB ditunjukkan oleh ….

Golongan	Antigen dalam plasma	Aglutinogen pada
A	Anti A dan anti B	Tidak ada
B	Tidak ada	A
C	Anti A	A dan B
D	Anti B	B
E	Tidak ada	A dan B

a. golongan A
b. golongan B
c. golongan C
d. golongan D
e. golongan E

4. *Tabel di bawah ini adalah hasil pengetesan darah pada 5 orang siswa:*

Siswa	Aglutinin		
	α	β	αβ
P	+	-	+
Q	-	+	+
R	-	-	-
S	+	+	+
T	-	-	+

\+ = terjadi penggumpalan
– = tidak terjadi penggumpalan

Berdasarkan tabel di atas, maka
a. P bergolongan darah A
b. Q bergolongan darah O
c. R bergolongan darah AB
d. S bergolongan darah A
e. T bergolongan darah B

5. Limfosit berperan dalam kekebalan tubuh dengan cara
a. menghasilkan antibodi yang sesuai dengan antigen yang akan dilawannya
b. memakan kuman penyakit atau benda-benda asing yang ada di dalam tubuh
c. menghasilkan enzim yang akan menguraikan kuman dan benda asing yang ada di dalam tubuh
d. menghasilkan zat asam yang dapat menyebabkan terjadinya lisis sel bakteri atau virus
e. menghancurkan kuman dan benda asing dengan menggunakan sekret dari lisosom

6. Dalam keadaan normal pembuluh darah pada manusia tidak akan mengandung ….
a. trombin
b. albumin
c. fibrinogen
d. trombosit
e. eritrosit

7. *Tabel hasil transfusi darah*

Sediaan	Hasil Tranfusi			
	P	Q	R	S
I	-	+	-	+
II	+	-	-	-
III	+	+	-	+
IV	-	-	-	-

\+ = terjadi hemolisa
– = tidak ada reaksi

Berdasarkan tabel di atas yang termasuk donor universal adalah
a. I – P
b. II – R
c. III – Q
d. IV – S
e. IV – R

8. Salah satu fungsi darah pada manusia adalah untuk mengangkut
 a. oksigen dari jaringan tubuh ke paru-paru
 b. CO_2 dari paru-paru ke seluruh jaringan tubuh
 c. hormon dari kelenjar endokrin ke bagian tubuh tertentu
 d. sari makanan dari jaringan tubuh ke jonjot
 e. sampah ekskresi dari ginjal ke seluruh jaringan
9. Setelah makanan menjadi sari makanan, zat tersebut akan diserap oleh darah dan dialirkan ke vena portahepatika. Sari makanan yang tidak terdapat dalam vena portahepatika adalah
 a. glukosa
 b. asam amino
 c. vitamin
 d. asam lemak
 e. mineral
10. Tekanan darah Pak Ahmad yang ditunjukkan oleh tensimeter adalah 140/80 mm Hg. Ukuran 140 mm Hg menunjukkan
 a. sistolis
 b. diatolis
 c. darah yang keluar dari jantung
 d. otot jantung waktu mengembang
 e. jantung waktu mengisap darah dari pembuluh balik
11. Seseorang yang mempunyai golongan darah B ditransfusi oleh darah seorang yang mempunyai golongan darah O, maka
 a. akan terjadi aglutinasi karena darah resipien mengandung aglutinin a dan b
 b. tidak akan terjadi aglutinasi karena darah resipien tidak mengandung aglutinin a dan b
 c. tidak akan terjadi aglutinasi karena darah donor dan resipien masing-masing mengandung aglutinogen B
 d. tidak akan terjadi aglutinasi karena darah donor tidak mengandung aglutinogen
 e. terjadi aglutinasi karena darah donor mengandung aglutinin a dan b darah resipien mengandung aglutinin a
12. Setelah mengalami proses pencernaan, sari makanan siap untuk diserap dan dibawa ke seluruh tubuh oleh darah. Bagian darah yang berperan dalam pengangkutan ini adalah
 a. plasma
 b. eritrosit
 c. leukosit
 d. trombosit
 e. limfosit
13. Fungsi jantung adalah
 a. menyerap O_2 dari atmosfer
 b. menyaring sisa metabolisme dari darah
 c. menghasilkan eritrosit
 d. menghasilkan leukosit
 e. memompa darah ke seluruh tubuh

14. Darah yang mengandung CO_2 paling banyak terdapat di
 a. vena pulmonalis
 b. ventrikel
 c. atrium kiri
 d. arteri pulmonalis
 e. arteri koroner

15. Aliran darah pada peredaran darah kecil melalui
 a. jantung – aorta – seluruh tubuh – jantung
 b. jantung – aorta – paru-paru – jantung
 c. jantung – seluruh tubuh – paru-paru – jantung
 d. jantung – vena pulmonalis – arteri pulmonalis – jantung
 e. jantung – arteri pulmonalis – paru-paru – vena pulmonalis – jantung

16. Kekebalan buatan dapat diperoleh dari
 a. penyakit yang serius
 b. vaksinasi
 c. pembongkaran kembali mikroba yang sama
 d. pengobatan dengan antibiotik
 e. fagositosis yang dilakuakn oleh leukosit

17. Berikut ini yang menyebabkan terjadinya denyut nadi adalah
 a. gerakan jantung memompa darah ke kapiler
 b. gerakan jantung memompa darah ke vena
 c. gerakan jantung memompa darah ke arteri
 d. gerakan paru-paru memompa darah ke arteri
 e. gerakan paru-paru memompa darah ke vena

18. Antibodi disintesis oleh
 a. limfosit B
 b. fagosit
 c. limfosit T pembantu
 d. limfosit T pembunuh
 e. eritrosit

19. Fungsi hemoglobin adalah
 a. membawa CO_2 ke jaringan
 b. membawa CO_2 dari jaringan
 c. membantu dalam proses pembekuan darah
 d. mengikat oksigen untuk diedarkan ke seluruh tubuh
 e. membawa glukosa ke seluruh tubuh

20. Kelainan karena darah tidak dapat membeku disebut
 a. anemia
 b. leukimia
 c. talasemia
 d. hemofili
 e. hipertensi

II. Uraian

1. Mengapa terjadi penggumpalan di dalam tranfusi darah, bila darah seseorang donor bertentangan dengan darah resipien (penerima)?

2. Apa arti arterosklerosis dan aterosklerosis?
3. Bagaimana mekanisme peredaran darah kecil dan peredaran darah besar?
4. Sebutkan perbedaan sistem peredaran darah tertutup dan sistem peredaran darah terbuka!
5. Apa perbedaan antara pembuluh nadi dan pembuluh balik?

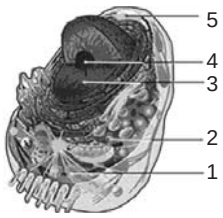
III. Soal-soal di bawah ini berhubungan dengan ketrampilan, sikap, dna apresiasi siswa. Jawablah sesuai minat kalian dan sebutkan alasan untuk jawaban yang dipilih!

1. Apabila kalian merasakan gejala penyakit anemia, apa yang akan kalian lakukan?
 a. makan sayuran yang banyak
 b. beristirahat di rumah tanpa melakukan kegiatan
 c. banyak berolahraga
 d. beraktivitas seperti biasanya
 e. semua salah
2. Bayi dan balita sangat rentan terhadap penyakit, menurut saya hal tersebut disebabkan oleh
 a. tubuhnya yang kecil dan lemah
 b. kekebalan tubuhnya kurang
 c. aktivitas fisiknya terbatas
 d. pengetahuannya minim
 e. semuanya benar
3. Pada suatu perjalanan, teman kalian mengalami kecelakaan yang cukup parah dan banyak kehilangan darah. Setelah sampai di rumah sakit ternyata golongan darah teman kaliah adalah A, sementara persediaan darah di rumah sakit habis. Kebetulan kalian bergolongan darah O, apa yang akan kalian lakukan?
 a. diam saja karena golongan darah kalian berbeda
 b. tetap mendonorkan darah kalian
 c. mencari donor darah yang bergolongan darah A
 d. menghubungi keluarganya supaya bisa mendonorkan darah
 e. semua salah
4. Apa yang dapat kalian lakukan untuk menjaga kesehatan jantung?
 a. banyak berolahraga
 b. menghindari makan-makanan yang berlemak
 c. memperbanyak istirahat
 d. setiap bulan cek kesehatan
 e. rutin minum obat-obatan

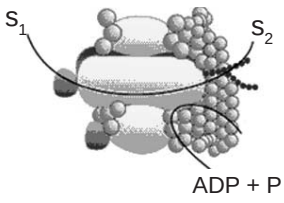
Latihan Ulangan Semester 1

I. Pilihan ganda

1. Infeksi sifilis pada anak semasa dalam kandungan dapat menyebabkan kerusakan cakra epifise tulang pipa. Hal ini dapat mengakibatkan tulang menjadi tidak bertenaga, yang disebut ….
 a. osteomalasi
 b. osteoporosis
 c. layuh semu
 d. fraktura
 e. mikrosefalus

2. 

Perhatikan gambar di samping!
Mitokondria dan lisosom secara berurutan adalah yang bernomor ….
 a. 1 dan 3
 b. 1 dan 5
 c. 2 dan 5
 d. 3 dan 5
 e. 5 dan 2

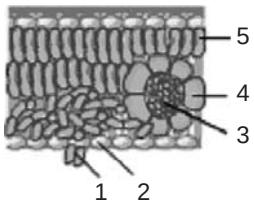
3. 

Pengangkutan melalui membran plasma seperti yang digambarkan di samping merupakan proses ….
 a. osmosis
 b. difusi
 c. transpor aktif
 d. pertukaran ion
 e. imbibisi

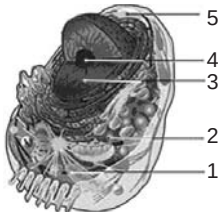
4. Alat pacu jantung diperuntukkan pada penderita ….
 a. jantung
 b. paru-paru
 c. lambung
 d. ginjal
 e. hepatitis

5. Pada penderita patah tulang diperlukan alat pelindung yang tertutup guna mencegah bergesernya tulang dapat dibantu dengan cara di ….
 a. gips
 b. ikat
 c. sinar X
 d. pijat
 e. USG

6. Jaringan yang mempunyai kemampuan untuk merespon terhadap perubahan lingkungan dan membawa impuls-impuls ke berbagai bagian tubuh adalah jaringan ….
 a. otot polos
 b. otot lurik
 c. epitel
 d. ikat
 e. saraf

7. 

Perhatikan gambar penampang melintang daun!
Bagian yang berfungsi sebagai tempat berlangsungnya fotosintesis terdapat pada nomor ….
a. 1
b. 2
c. 3
d. 4
e. 5

8. 

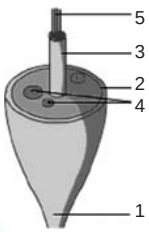
Bagian yang berperan untuk autofag dan autolisis dalam sel adalah terletak pada gambar nomor ….
a. 1
b. 2
c. 3
d. 4
e. 5

9. 
Gambar berikut menunjukkan ….
a. epitel kubus berlapis banyak
b. epitel pipih berlapis tunggal
c. epitel silindris berlapis semu
d. epitel silindris berlapis banyak
e. epitel pipih berlapis banyak

10. Pada saat relaksasi yang terjadi dengan filamen adalah ….
a. aktin dan miosin memendek
b. aktin tetap dan miosin memendek
c. aktin memendek miosin memanjang
d. aktin memanjang miosin memendek
e. aktin dan miosin merenggang

11. Satuan pengukuran diameter sel adalah ….
a. millimeter
b. milimikron
c. centimeter
d. nanometer
e. mu

12. 
Gambar di samping adalah jaringan ….
a. parenkim
b. klorenkim
c. kolenkim
d. epidermis
e. sklerenkim

13. 

Gambar irisan melintang otot skelet yang menunjukkan fascia superfisialis dan tendon adalah ….
a. 1 dan 2
b. 1 dan 4
c. 2 dan 1
d. 2 dan 3
e. 2 dan 5

14. Bertambahnya jumlah leukosit yang tidak terkendali di dalam tubuh disebut ….
 a. anemia
 b. leukemia
 c. leukositas
 d. hemofili
 e. hemoroid

15. Pada percobaan pengangkutan air dan zat yang terlarut, digunakan potongan tanaman pacar air (bagian akarnya dipotong) yang sudah direndam dalam eosin selama 15 menit, lalu dibuat sayatan melintang dan diamati di bawah mikroskop. Bagian yang berwarna merah adalah ….
 a. floem
 b. trakeid
 c. xilem
 d. korteks
 e. kolenkim

16. Jaringan parenkim bisa ditemukan di ….
 a. daun
 b. batang
 c. akar
 d. bunga
 e. seluruh tubuh tumbuhan

17. Pernyataan berikut yang benar adalah ….
 a. sel tumbuhan tidak memiliki membran plasma
 b. sel tumbuhan memiliki dinding sel
 c. sel tumbuhan memiliki sentrosom
 d. sel hewan tidak memiliki membran plas
 e. sel hewan tidak memiliki lisosom

18. Pertumbuhan membesar pada tumbuhan dikenal pula dengan istilah ….
 a. promeristem
 b. meristem sekunder
 c. meristem primer
 d. meristem tersier
 e. diferensiasi dan spesialisasi

19. Untuk mempelajari lisosom, sel yang paling memungkinkan kita amati adalah ….
 a. sel otot
 b. sel darah putih
 c. sel daun
 d. sel saraf
 e. sel tulang

20. Proses terlepasnya protoplasma dari dinding sel tumbuhan apabila dimasukkan larutan garam 10% disebut ….
 a. lisis
 b. hidrolisis
 c. siklosis
 d. plasmoksis
 e. osmosis

21. Otot berkontraksi karena adanya mekanisme kerja yang terjadi di dalamnya. Di bawah ini mekanisme yang terjadi dalam kontraksi otot adalah ….
 a. memanjangnya ukuran otot akibat geseran molekul aktin dan miosin yang memerlukan energi dari pemecahan ATP
 b. memanjangnya ukuran otot akibat geseran miofibril yang memerlukan energi dari metabolisme aerobik glukosa
 c. mengendurnya ukuran otot akibat geseran miofibril yang memerlukan ion kalsium dan fosfat anorganik
 d. menggesernya filamen-filamen yang lebih tebal ke filamen yang lebih tipis dan diperlukan energi dari pemecahan asam piruvat
 e. memendeknya ukuran otot akibat zona Z menjadi lebih panjang dan zona H menjadi lebih pendek yang prosesnya memerlukan energi dari pemecahan ATP

22. Apabila dalam sel darah merahnya tidak terdapat aglutinogen tetapi dalam plasmanya mengandung aglutinin dan maka golongan darah orang tersebut adalah ….
 a. O
 b. AB
 c. A
 d. B
 e. O dan AB

23. Air dan unsur hara di dalam tubuh tumbuhan diangkat oleh pembuluh angkut yang disebut vasis. Ada beberapa macam vasis tergantung dari letak pembuluh xilem dan floem serta kambiumnya. Di bawah ini jaringan pembuluh angkut yang merupakan tipe vasis konsentris amfikribal, adalah ….
 a. 

 b. 

 c. 

 d. 

 e. 

24. Sel fagosit berperan penting dalam memangsa benda asing yang masuk ke dalam tubuh, sehingga organ sel yang paling banyak di dalam inti sel adalah
 a. badan golgi
 b. lososom
 c. ribosom
 d. mitokondria
 e. retikum endoplasma

25. Jaringan yang berfungsi sebagai bantalan pelindung untuk organ adalah
 a. jaringan ikat padat
 b. jaringan ikat longgar
 c. jaringan lemak
 d. jaringan epitel
 e. jaringan darah

26. Pernyataan berikut ini merupakan ciri-ciri jaringan:
 1. *sel-sel mengalami penebalan sekunder dengan lignin*
 2. *berfungsi sebagai pelindung dan dilengkapi lapisan lilin*
 3. *bentuknya memanjang tegak dan banyak mengandung klorofil*
 4. *sel-sel jaringan muda selalu membelah atau bersifat embrional*
 5. *pada beberapa tempat termodifikasi menjadi stomata atau rambut*

 Ciri-ciri jaringan epidermis tumbuhan adalah
 a. 1 dan 2
 b. 2 dan 3
 c. 2 dan 5
 d. 3 dan 4
 e. 4 dan 5

27. Apabila dalam sirkulasi darah seseorang terdapat leukosit dalam jumlah besar, maka orang tersebut menderita penyakit
 a. anemia
 b. sianosis
 c. leukemia
 d. leukopenia
 e. leukositosis

28. Seorang anak dengan ciri-ciri sering kejang, pertumbuhan tulang tidak normal, dan pembekuan darahnya lambat, kemungkinan kekurangan
 a. unsur P
 b. unsur Na
 c. vitamin Ca
 d. vitamin D
 e. vitamin K

29. *Perhatikan data berikut ini!*
 1. *peredaran darah*
 2. *tekanan oksigen*
 3. *temperatur*
 4. *Ph*

 Yang berpengaruh terhadap kemungkinan hemoglobin untuk mengikat oksigen adalah
 a. 1 dan 2
 b. 1 dan 4
 c. 2 dan 3
 d. 2 dan 4
 e. semua benar

30. Transpor aktif melalui membran sel terjadi
 a. hanya pada garam dari konsentrasi rendah ke tinggi
 b. hanya pada garam dari konsentrasi tinggi ke konsentarasi rendah
 c. pada garam mineral maupun molekul organik dari konsentrasi rendah ke konsentrasi tinggi
 d. hanya pada molekul organik dari konsentrasi tinggi ke konsentrasi rendah
 e. hanya pada molekul organik dari konsentrasi rendah kekonsentrasi tinggi

31. Lengkapilah skema respirasi sel di bawah ini!

 $C_6 H_{12} O_6 + ... \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + \text{energi}$

 Jawaban yang tepat untuk mengisi titik di atas adalah
 a. O_2
 b. H_2O
 c. CH_4
 d. $6O_2$
 e. CO_2

32. Berikut ini yang tidak termasuk jaringan adalah
 a. membran mukosa
 b. kortilago
 c. darah
 d. otot jantung
 e. otak

33. Jaringan dewasa berikut ini yang sel-sel penyusunannya masih hidup dan memiliki organ sel lengkap adalah
 a. parenkim
 b. kolenkim
 c. floem
 d. meristem
 e. xilem

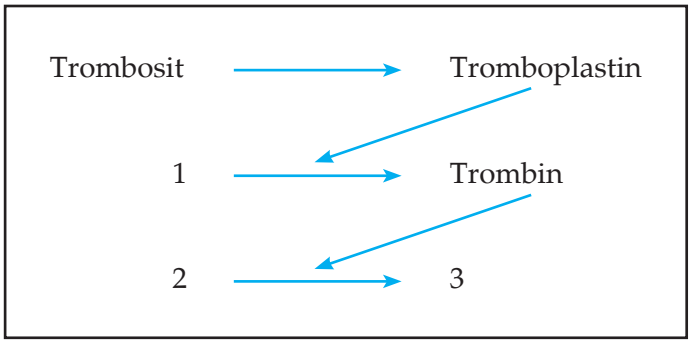
34. Sel-sel darah berikut ini yang menurun jumlahnya ketika seseorang menderita penyakit deman berdarah adalah
 a. monosit
 b. trombosit
 c. leukosit
 d. basofil
 e. eosionafil

35. Rasa lelah yang terjadi akibat kerja otot terus menerus disebabkan oleh
 a. penimbunan asam susu menghalangi penguraian laktasidogen
 b. tidak adanya asam susu menghalangi penguraian laktasidogen
 c. penimbunan asam susu mempercepat penguraian laktasidogen
 d. pengubahan senyawa asetikolin dalam otot
 e. tidak adanya asam susu menghambat kerjanya asetilkolin

36. Dalam pengamatan mikroskop ditemukan gambar dengan ciri-ciri sebagai berikut:
 1) *selapis sel berbentuk kubus*
 2) *tidak berklorofil*
 3) *tidak terdapat rongga antarsel*
 4) *termotifikasi membentuk kutikula*

 Ciri-ciri jaringan tersebut terdapat pada jaringan
 a. epidermis
 b. epitel
 c. xilem
 d. floem
 e. parenkim

37. Nomor 1, 2, dan 3 pada skema pembekuan darah di bawah ini adalah



 a. protrombin, fibrinogen, fibrin
 b. protrombin, fibrin, fibriogen
 c. fibrin, fibrinogen, protrombin
 d. fibrin, protrombin, fibrinogen
 e. fibrinogen, protrombin, fibrin

38. Sel darah merah (eritrosit) bila di masukan ke dalam larutan garam akan mengalami
 a. osmosa yang berimbang
 b. plasmolisir
 c. krenasi
 d. turgar sel
 e. sel hancur

39. Apabila kita mengamati sel-sel gabus di bawah mikroskop dengan perbesaran 10 x 10, maka akan terlihat
 a. seluruh organel sel
 b. inti sel dengan beberapa anak inti
 c. sel-sel yang berbanding tebal dan isinya kosong
 d. plasma dengan inti yang tampak jelas
 e. hanya protoplasma dengan benda-benda sel yang jelas

40. Protoplasma merupakan sistem koloid, keadaan tersebut bisa berubah dari fase sol ke fase gel dan sebaliknya. Perubahan fase pada protoplasma berikut ini yang benar adalah
 a. jika protolasma isotonis, koloidnya cenderung ke fase gel
 b. jika protolasma hipotonis, koloidnya cenderung ke fase gel
 c. jika protolasma hipertonis, koloidnya cenderung ke fase gel
 d. jika protolasma isotonis, koloidnya cenderung ke fase sol
 e. jika protolasma hipertonis, koloidnya cenderung ke fase gel

II. Uraian

1. Sebutkan tiga macam jaringan meristem!
2. Sebutkan bentuk modifikasi sel-sel epidermis!
3. Jelaskan perbedaan dan persamaan sklerenkim dan kolenkim!
4. Jelaskan ciri-ciri jaringan epitel!
5. Jaringan ikat terdiri dari sel-sel jaringan ikat. Jelaskan fungsi dari masing-masing sel jaringan ikat tersebut!
6. Jaringan tulang rawan berdasarkan kandungan senyawa pada matriksnya dikelompokkan menjadi tiga macam. Jelaskan!
7. Apa keuntungan tulang belakang yang terdiri atas ruas-ruas tulang belakang?
8. Mengapa asam laktat dapat menumpuk di dalam otot?
9. Apakah jumlah denyut jantung seseorang berbeda satu sama lainnya? Mengapa terjadi demikian?
10. Mengapa sistem peredaran darah pada manusia disebut dengan sistem peredaran tertutup? Jelaskan sistem peredaran darah tersebut!

Bab 5

Sistem Pencernaan



Kata-Kata Kunci

Karbohidrat
Protein
Lemak
VItamin
Mineral
Feses
Gigi
Lambung
Ruminansia
Zat makanan

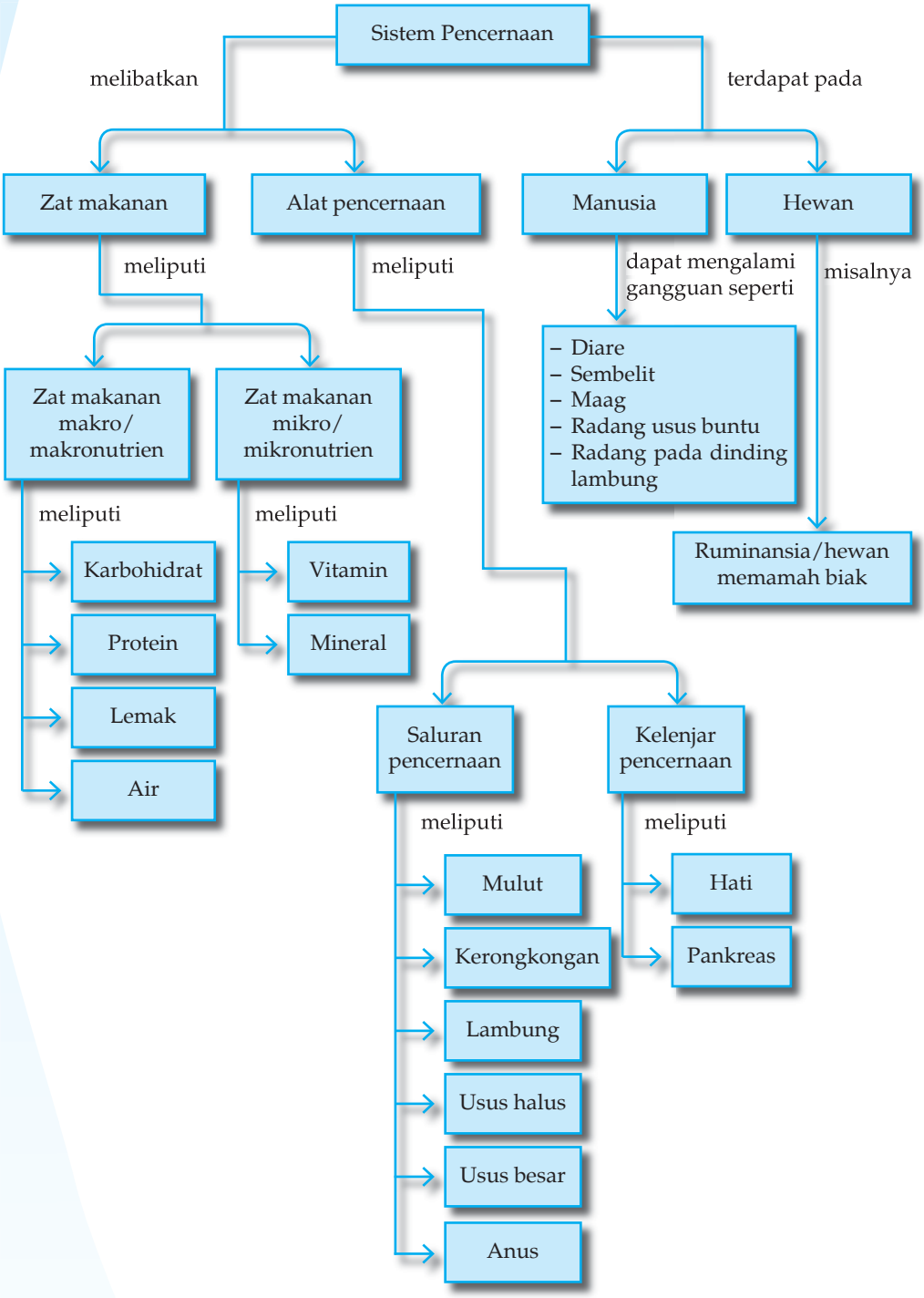
Sumber: *www.pikiran-rakyat.com, 2006.*

Ketika kamu memakan daging maka kamu telah mengirim daging itu menjelajahi sistem pencernaan yang panjang. Hal ini diperlukan untuk menghasilkan energi. Daging tersebut akan diubah menjadi molekul sederhana sehingga mampu diserap oleh tubuh. Zat apa saja yang dapat diserap oleh sistem pencernaan? Apabila kamu mendengar orang yang memakan pecahan kaca atau batu, apakah benda tersebut juga akan dicerna dan diserap oleh tubuh?

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi yang terdapat dalam bab ini diharapkan siswa mampu memahami proses pencernaan yang terjadi pada manusia dan hewan serta berbagai alat pencernaannya.

Peta Konsep


Sistem Pencernaan
melibatkan
terdapat pada
Zat makanan
Alat pencernaan
Manusia
Hewan
meliputi
meliputi
dapat mengalami gangguan seperti
misalnya
– Diare
– Sembelit
– Maag
– Radang usus buntu
– Radang pada dinding lambung
Zat makanan makro/ makronutrien
Zat makanan mikro/ mikronutrien
Ruminansia/hewan memamah biak
meliputi
meliputi
Karbohidrat
Protein
Lemak
Air
Vitamin
Mineral
Saluran pencernaan
Kelenjar pencernaan
meliputi
meliputi
Mulut
Kerongkongan
Lambung
Usus halus
Usus besar
Anus
Hati
Pankreas

A. Pendahuluan

Makanan adalah salah satu kebutuhan makhluk hidup. Dari mana makhluk hidup mendapatkan makanan? Tentunya makhluk hidup memperoleh makanan dari alam yang telah diciptakan Tuhan. Makanan yang kita makan sehari-hari tidak hanya memberikan rasa kenyang saja, tetapi harus memenuhi syarat kesehatan dan memenuhi unsur gizi yang cukup. Gizi yang diperlukan tubuh kita adalah karbohidrat, protein, lemak, vitamin, mineral, dan air. Berbagai sumber bahan makanan yang kita makan tidak satu pun yang mengandung gizi lengkap. Untuk itu kita perlu memakan berbagai macam makanan guna memenuhi gizi bagi tubuh kita.

Lalu bagaimana makanan yang sudah kita makan tersebut? Bagaimana makanan tersebut berjalan dalam perut kita? Makanan yang kita makan tidak dapat secara langsung diserap oleh tubuh, tetapi harus melalui proses pencernaan terlebih dahulu. Proses pencernaan makanan adalah perubahan makanan dari bentuk yang kasar (kompleks) menjadi bentuk yang halus (sederhana) sehingga dapat diserap oleh usus. Proses pencernaan melibatkan alat-alat pencernaan yang disebut sistem pencernaan.

B. Zat Makanan

Makanan berisi zat-zat gizi yang memberikan tubuh energi untuk bergerak dan bahan pembangun untuk pertumbuhan. Kita semua membutuhkan berbagai macam zat gizi agar tetap bugar dan sehat. Makanan yang beragam ini disebut diet berimbang. Tanpa asupan gizi yang cukup maka kemungkinan besar kita mudah terkena penyakit, misalnya penyakit yang menyerang pencernaan.

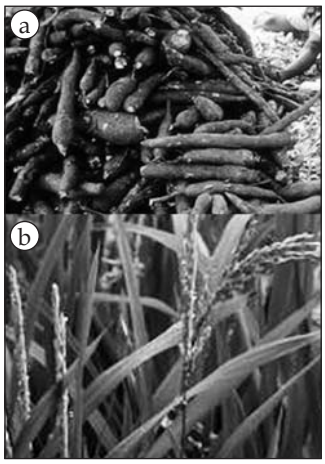
Fungsi makanan bagi tubuh kita adalah:
- Penghasil bahan bakar atau sumber energi (karbohidrat, lemak, dan protein).
- Bahan pembangun tubuh dan menggantikan sel-sel tubuh yang rusak (protein dan mineral).
- Pengatur proses yang terjadi dalam tubuh dan sebagai pelindung tubuh terhadap berbagai macam penyakit (protein, vitamin, dan mineral).

Tubuh manusia membutuhkan zat makanan dalam jumlah yang berbeda. Ada yang dibutuhkan dalam jumlah banyak (*makronutrien*), yaitu karbohidrat, protein, lemak, dan air. Ada pula yang dibutuhkan dalam jumlah sedikit, (*mikronutrien*) misalnya vitamin dan mineral.

1. *Karbohidrat*

Karbohidrat merupakan sumber kalori utama bagi tubuh kita karena 80% dari kalori yang diperlukan tubuh berasal dari karbohidrat. Sebagai penghasil energi setiap satu gram karbohidrat menghasilkan 4,1 kalori. Karbohidrat

tersusun atas unsur-unsur karbon (C), hidrogen (H), dan oksigen (O). Sumber utama karbohidrat adalah beras, jagung, sagu, gandum, singkong, ubi, kentang, talas, dan gula.



Sumber: Microsoft Encarta, 2005.
Gambar 5.1 *Makanan sumber karbohidrat: (a) singkong, (b) padi.*

Karbohidrat dapat dikelompokkan menjadi 3 macam, yaitu:

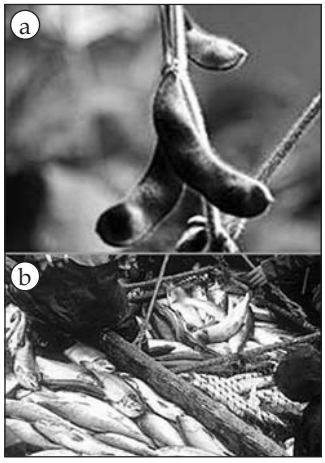
a. *Monosakarida*, adalah karbohidrat yang terdiri atas satu molekul gula dan merupakan karbohidrat yang paling sederhana. Contoh: glukosa dan fruktosa.
b. *Disakarida*, adalah karbohidrat yang terdiri atas dua molekul gula atau terdiri atas dua unit monosakarida. Contoh: sukrosa/gula putih (gabungan glukosa dan fruktosa), maltosa (gabungan glukosa dan glukosa), dan laktosa (gabungan glukosa dan galaktosa).
c. *Polisakarida*, adalah karbohidrat yang terdiri atas banyak gugus gula atau terdiri atas banyak unit monosakrida. Contoh: pati (amilum), glikogen (gula otot), dan selulosa (pembentuk dinding sel tumbuhan).

Karbohidrat yang diserap oleh tubuh manusia berbentuk monosakarida. Salah satu monosakarida adalah glukosa. Di dalam hati, sebagian glukosa diubah menjadi glikogen untuk disimpan.

Fungsi karbohidrat:
- Sumber energi.
- Menjaga keseimbangan asam basa di dalam tubuh.
- Berperan penting dalam proses metabolisme di dalam tubuh.
- Pembentuk struktur sel dengan mengikat protein dan lemak.

2. *Protein*

Protein tersusun dari unsur-unsur karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), dan nitrogen (N). Beberapa protein tertentu selain mengandung unsur-unsur tersebut juga mengandung unsur belerang (S) dan fosfor (P).



Sumber: Microsoft Encarta, 2005.
Gambar 5.2 *Makanan sumber protein: (a) kedelai (protein nabati), (b) ikan laut (protein hewani).*

Protein dibentuk oleh berbagai macam asam amino (esensial dan nonesensial). Asam amino yang dibutuhkan tubuh ada 20 macam. Asam amino esensial adalah asam amino yang tidak dapat dibentuk oleh tubuh, jadi harus didatangkan dari luar. Misalnya: leusin, lisin, metionin, fenilalanin, dan sebagainya. Asam amino nonesensial adalah asam amino yang dapat dibuat sendiri oleh tubuh.

Menurut sumbernya, protein dibagi menjadi dua golongan, yaitu protein yang berasal dari hewan disebut *protein hewani* dan dari tumbuhan

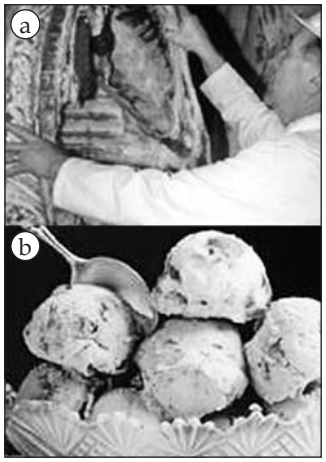
disebut *protein nabati*. Protein hewani merupakan protein sempurna karena mengandung asam amino esensial. Protein hewani dapat diperoleh dari daging, ikan, susu, dan telur. Sebaliknya, protein nabati merupakan protein tidak sempurna karena kandungan asam amino esensialnya kurang lengkap. Jumlahnya kurang untuk memenuhi keperluan tubuh, kecuali dari kacang-kacangan, terutama kedelai.

Setelah melalui proses pencernaan, protein diserap oleh usus halus dalam bentuk asam amino. Kebutuhan protein setiap orang berbeda-beda sesuai dengan tingkat pertumbuhan dan kondisi orang tersebut. Faktor yang memengaruhi kebutuhan protein antara lain usia, berat badan, jenis kelamin, kondisi tubuh, dan penyakit. Jika kebutuhan tersebut berlebih, maka kelebihannya akan dibuang melalui ginjal dalam bentuk *urea*.

Fungsi protein:
- Bahan pembangun sel-sel dalam jaringan tubuh.
- Mengganti atau memperbaiki sel-sel dalam jaringan tubuh yang rusak.
- Penghasil energi.
- Membuat substansi penting, misalnya enzim dan hormon yang membantu metabolisme tubuh.
- Menjaga keseimbangan asam basa dalam tubuh.

3. Lemak (Lipid)

Lemak tersusun atas unsur-unsur karbon (C), hidrogen (H), dan oksigen (O). Komponen lemak adalah asam lemak dan gliserol. Setiap satu gram lemak menghasilkan 9,3 kalori. Kebutuhan lemak untuk orang dewasa adalah 0,5 – 1 gram/kg.BB/hari.



Sumber: Microsoft Encarta, 2005
Gambar 5.3 *Makanan sumber lemak: (a) daging sapi yang dijual, (b) daging sapi yang dibuat bakso.*

Lemak yang kita makan bisa berasal dari hewan disebut *lemak hewani* atau tumbuhan disebut *lemak nabati*. Bahan makanan yang mengandung lemak hewan antara lain daging, telur, susu, ikan, keju, dan mentega. Bahan makanan yang mengandung lemak nabati antara lain kelapa, kemiri, alpukat, durian, biji bunga matahari, kacang tanah, dan kacang-kacangan lainnya.

Fungsi lemak adalah:
- Sumber energi.
- Pelarut beberapa vitamin, yaitu vitamin A, D, E, dan K.
- Pelindung terhadap organ dalam tubuh.
- Pelindung tubuh dari suhu rendah.
- Cadangan makanan yang tersimpan di bawah kulit.
- Sebagai komponen bagian sel tertentu, misalnya membran sel.

4. *Garam-Garam Mineral*

Mineral adalah bahan kimia yang terdapat dalam bahan makanan yang diperlukan oleh tubuh kita. Perhatikan tabel 5.1. Mineral tidak menghasilkan energi. Kebutuhan tubuh terhadap berbagai jenis mineral berbeda-beda. Untuk kesehatan dan pertumbuhan yang normal diperlukan mineral yang sesuai dengan kebutuhan tubuh. Kekurangan salah satu mineral dalam tubuh dapat menimbulkan penyakit yang disebut *defisiensi mineral*.

Fungsi mineral adalah:

- Zat pengatur sehingga menyebabkan proses metabolisme dalam tubuh berjalan normal, misalnya kalsium dan zat kapur.
- Zat pembangun tubuh karena dapat memengaruhi bentuk rangka, yaitu kalsium dan fosfor.
- Mengatur tekanan osmosis dalam tubuh.
- Memberi elektrolit untuk kerja otot dan saraf.

Tabel 5.1 Mineral-mineral yang Dibutuhan Oleh Tubuh Manusia

Mineral	Sumber	Fungsi	Defisiensi Mineral	Akibat Kelebihan
Kalsium (Ca)	Susu, telur, mentega, keju, kacang-kacangan, sayuran, dan buah-buahan	- Membentuk matriks tulang dan gigi, - Membantu proses penggumpalan darah - Memengaruhi penerimaan rangsang oleh saraf - Mengaktifkan kerja otot dan memelihara fungsi otot jantung - Kebutuhannya adalah 0,8 g/hari	- Pembentukan tulang yang tidak sempurna - Tulang rapuh (osteoporosis) - Kekejangan otot - Hipokalsemia (rendahnya kadar kalsium dalam darah)	Hiperkalsemia (kadar kalsium yang tinggi dalam darah)
Fosfor (P)	Susu, telur, daging, ikan, dan kacang-kacangan	- Untuk membentuk matriks tulang - Diperlukan dalam pembelahan sel - Mengatur keseimbangan asam dan basa dalam tubuh (darah) - Mengerutkan kontraksi otot - Metabolisme zat - Kebutuhannya adalah 1 mg/hari	- Tulang dan gigi rapuh - Rakitis	Pengikisan rahang
Natrium (Na)	Garam dapur, daging, ikan, susu, keju, telur, kentang, dan sayuran hijau	- Bersama dengan klor memelihara keseimbangan cairan tubuh - Memelihara keseimbangan pH - Membantu pengiriman pesan (impuls) saraf dan kontraksi otot - Mengatur permeabilitas sel-sel tubuh	Jarang terjadi, tetapi bila kekurangan dapat menyebabkan: - nilai osmosis cairan ekstraseluler turun sehingga meningkatkan suhu tubuh - Gangguan pada jantung dan ginjal - kekejangan dan kelelahan otot	Hipertensi (tekanan darah tinggi)

Klor (Cl)	Garam dapur, daging, telur, dan susu	Mengatur dan memelihara keseimbangan cairan tubuh	Gangguan pencernaan dan kelelahan	
Kalium (K)	Ikan, daging, buah-buahan, dan sayuran	- Memelihara keseimbangan cairan tubuh - Membantu kontraksi otot - Berperan dalam penghantaran impuls-impuls saraf	- Kelelahan otot - Denyut jantung tidak normal - Pertumbuhan terhambat	Kejang otot
Yodium (I)	Makanan yang berasal dari laut, garam beryodium, dan air mineral	- Membantu fungsi kelenjar tiroid - Pembentuk hormon tiroksin	- Penyakit gondok - Pada anak-anak dapat menyebabkan terhambatnya pertumbuhan fisik dan kemunduran mental	
Besi (Fe)	Sayuran hijau, misalnya bayam, buah-buahan, hati, daging, susu, telur, dan kacang hijau	- Respirasi seluler - Membentuk Hemoglobin - Kebutuhannya adalah 15 - 30 mg/hari	Lesu, pusing, dan anemia	Serosis (pembengkakan karena meningkatnya cairan pada hati)
Fluor (F)	Susu, kuning telur, makanan yang berasal dari laut, garam	Untuk menguatkan tulang dan gigi	- Kerusakan gigi - Osteoporosis	- Gigi cokelat - Impuls saraf terganggu
Seng (Zn)	Daging, ikan, hati, telur, susu, dan kacang-kacangan	- Membantu metabolisme protein - Pertumbuhan dan reproduksi - Membantu penyembuhan luka - Sebagai komponen enzim yang mengangkut CO_2 dari jaringan tubuh ke paru-paru	- Luka tidak mudah cepat sembuh - Tumbuh kerdil - Anemia	
Belerang (S)	Susu, keju, telur, daging, sayuran, dan buah-buahan	- Berperan sebagai komponen dalam pembentukan protein - Komponen penyusun beberapa vitamin, seperti tiamin, biotin, dan pantotenat - Aktivator enzim	- Beri-beri - Mengganggu pertumbuhan	
Magnesium (Mg)	Susu, daging, padi-padian, dan kacang-kacangan	- Respirasi seluler - Biokatalisator - Unsur penting dalam otot, tulang, dan eritrosit	- Gangguan ginjal dan kardiovaskuler - Kontrol emosi dan mental turun	- Diare - Gangguan fungsi saraf
Tembaga (Cu)	Kacang-kacangan, hati, kerang, dan ginjal	- Pembentukan hemoglobin dan eritrosit - Memelihara fungsi sistem saraf - Sintesis hormon	- Anemia - Gangguan sistem saraf	Pusing, lesu, dan sakit kepala

Sumber: *www.freevism.org, 2006*

5. Vitamin

Vitamin merupakan zat organik dalam makanan yang diperlukan oleh tubuh sebagai pelengkap. Vitamin mutlak diperlukan oleh tubuh manusia dalam jumlah yang sangat kecil. Vitamin tidak menghasilkan energi. Vitamin berfungsi untuk pertumbuhan yang normal dan membantu metabolisme tubuh. Peranan vitamin tidak dapat digantikan oleh zat lain. Kekurangan vitamin dapat menyebabkan penyakit defisiensi.

Berdasarkan kelarutannya, vitamin dapat dikelompokkan ke dalam dua golongan, yaitu vitamin yang larut dalam air (B dan C) dan vitamin yang larut dalam lemak (A, D, E, dan K). Perhatikan tabel 5.2 dan tabel 5.3.

Tabel 5.2 Vitamin yang Larut dalam Air

Vitamin	Sumber	Fungsi	Defisiensi Vitamin
B_1 (Aneurin = thiamin)	Serat, gandum, ragi, susu, dan daging	Memengaruhi absorpsi lemak dalam usus	- Beri-beri - Neuritis
B_2 (Riboflavin = laktoflavin)	Ikan, telur, susu, hati, daging, ragi, dan sayuran hijau	Transmisi rangsang sinar ke mata	- Katarak - Keilosis
B_3 (Asam nikotin= niasin)	Susu, hati, ikan, telur, dan sayur-sayuran	Proses pertumbuhan, perbanyakan sel dan anti pelagra	Pelagra dengan gejala 3 D: Dermatitis, Diare, Dimensia
B_5 (Asam pantotenat)	Ragi, hati, kuning telur, daging, buah-buahan, dan syur-sayuran	- Memelihara tingkat gula darah yang normal - Komponen struktur koenzim A yang berperan dalam proses oksidasi sel	Dermatitis
B_6 (Piridoksin = adermin)	Telur, daging, hati, susu, dan sayuran hijau	Untuk pergerakan peristaltik usus	Kontipasi (Sembelit)
B_{11} (Asam folat)	Kacang-kacangan, ragi, hati, daging pisang, lemon, dan sayuran hijau	- Pembuatan koenzim untuk produksi eritrosit - Membentuk asam nukleat untuk sintesis protein	- Anemia - Diare - Megaloblastosis - Terhambatnya pertumbuhan
B_{12} (Sianokobalamin)	Daging, susu, dan ragi	- Metabolisme sel dan pertumbuhan jaringan - Pembentukan sel darah merah	Anemia pernisiosa
Biotin (Vitamin H)	Kacang-kacangan, ginjal, hati, dan kuning telur	Koenzim metabolisme karbohidrat, lemak, dan protein	- Gangguan kulit - Depresi - Kurang nafsu makan
Vitamin C (Asam askorbinat)	Jeruk, lemon, tomat, pepaya, semangka, dan sayuran hijau	- Memelihara kesehatan jaringan epitel - Menjaga agar gigi melekat kuat pada gusi - Mempercepat penyembuhan luka - Mencegah infeksi pada hidung dan kerongkongan - Koenzim reaksi katabolisme karbohidrat dan lemak	- Pendarahan gusi - Karies gigi - Degenerasi sel-sel kulit - Skorbut

Sumber: *Kimball, Biologi jilid 2, 2006.*

Tabel 5.3. Vitamin yang Larut dalam Lemak

Vitamin	Sumber	Fungsi	Defisiensi Vitamin
Vitamin A (Aseroftol)	Hati, minyak ikan, susu, sayuran hijau, wortel, dan tomat	- Pertumbuhan sel epitel - Mengatur rangsang sinar pada saraf mata - Memelihara kesehatan mata dan kulit	- Hemeralopia (rabun senja) - Frinoderma (kulit bersisik) - Pada mata akan timbul bercak bitot setelah itu mata akan mengering (xeroftalmia) - Mata akan hancur (keratomalasi) - Kelelahan
Vitamin D	Minyak ikan, susu, mentega, dan telur	- Mengatur kadar kapur dan fosfor, (kalsiferol = ergosterol) - Memperlancar proses osifikasi	- Rakitis - Kerapuhan tulang pada orang dewasa (osteomalasia)
Vitamin E (Tokoferol)	Susu, kuning telur, tauge, dan sayuran hijau	- Mencegah kemandulan - Mencegah pendarahan pada wanita hamil - Mencegah oksidasi lemak tak jenuh	- Kemandulan - Pecahnya eritrosit - Penimbunan lemak pada otot
Vitamin K (Anti Hemoragia)	- Sayuran hijau, kuning telur, hati, dan daging - Dihasilkan oleh bakteri *Escherichia coli* dalam usus	- Pembekuan darah - Pembentukan protrombin dalam hati.	- Darah sukar membeku - Pendarahan

Sumber: *Kimball, Biologi jilid 2, 2006.*

Profil

Prof. Poorwo Soedarmo

Prof. Poorwo Soedarmo, perintis ilmu gizi dan pencetus slogan "Empat Sehat Lima Sempurna" meninggal dalam usia 99 tahun. Poorwo yang lahir di Malang, 20 Februari 1904, lulus Stovia tahun 1927 dan mendapat ijazah dokter di zaman Jepang dari Ida Gaigako. Ketertarikan pada ilmu gizi dimulai saat belajar di Post Graduate Institute, London (1949), yang dilanjutkan di Institute of Nutrition, Manila (1950). Selanjutnya, ia memperdalam di School of Public Health & Nutrition, Harvard University (1954-1955) dan Institute of Nutritional Sciences, Columbia University (1960). Tahun 1975 Poorwo mendapat doctor honoris causa dalam ilmu kedokteran dari Universitas Indonesia. Tahun 1954, ia mendirikan Akademi Ahli Diit/Nutritionis. Persatuan Ahli Gizi Indonesia mengangkatnya sebagai "Perintis Ilmu Gizi dan Perintis Utama Pengembangannya di Indonesia" tahun 1969. Atas jasa-jasanya, ayah delapan anak, salah satunya Prof Dr dr Soemarmo Soenarjo Poorwo Soedarmo SpA, ini dianugerahi Bintang Mahaputra Utama (1992) dan piagam penghargaan Ksatria Bakti Husada Kelas I (1993) dari Departemen Kesehatan.

Sumber: *www.tokohindonesia.com, 2007.*

6. *Air*

Air terdapat dalam jumlah besar pada tubuh manusia, meskipun air bukan zat gizi. Sekitar 60 – 70% berat tubuh kita adalah air. Fungsi air bagi tubuh adalah sebagai berikut:

- Sebagai pelarut reaksi kimia yang terjadi di dalam tubuh.
- Sebagai pelarut zat-zat sisa yang keluar dari tubuh dalam bentuk larutan.
- Sebagai pengangkut hasil metabolisme ke seluruh tubuh (air merupakan bagian terbesar yang menyusun darah).
- Mempertahankan suhu tubuh (37 °C).

Air dapat diperoleh tubuh baik secara langsung maupun tidak langsung. Secara langsung air diperoleh dari air minum, sedangkan secara tidak langsung dari makanan yang kita makan. Seorang dewasa memerlukan air sekitar 2 liter per hari.

Tubuh kita kehilangan air melalui urine, keringat, feses, dan pernapasan. Jika kehilangan air dari tubuh tidak digantikan, maka dapat menyebabkan *dehidrasi* atau tubuh kekurangan air. Dehidrasi dapat menyebabkan kejang otot dan tubuh menjadi lemah.

Kegiatan 5.1

Uji Bahan Makanan

Tujuan: menguji keberadaan kandungan karbohidrat dan protein pada jenis makanan tertentu.

Alat dan Bahan

1. Tabung reaksi
2. Pipet
3. Pemanas air/water batch
4. Lampu spirtus/bunsen
5. Mortar dan alat tumbuk
6. Larutan Benedict
7. Larutan Iod
8. Larutan Biuret
9. Larutan NaOH 30%
10. Larutan HNO_3 pekat
11. Bahan makanan: tahu, tempe, pisang, roti, dan mie yang telah ditumbuk lalu dimasukkan ke dalam air

Langkah Kerja

1. Buatlah kelompok untuk melakukan kegiatan/percobaan ini!

2. Uji Benedict (uji gula karbohidrat monosakarida)
 Masukkan 5 ml reagen Benedict ke dalam tabung reaksi, kemudian tambahkan 0,5 ml larutan hasil penggerusan bahan makanan! Panaskan tabung dalam *water bath* (70 °C) selama 5 menit lalu dinginkan! Amatilah perubahan yang terjadi dalam tabung! Bila dalam makanan terdapat karbohidrat/gula, maka larutan akan berwarna kuning kehijauan dan terbentuk endapan merah bata. Catatlah jenis makanan yang menunjukkan perubahan dengan uji ini!
3. Uji Iod (uji tepung karbohidrat polisakarida)
 Masukkan 5 ml larutan hasil penggerusan bahan makanan ke dalam tabung reaksi! Tambahkan dua tetes larutan Iod dan amati perubahan yang terjadi dalam tabung! Bila larutan warna berubah menjadi hitam atau kebiruan, maka bahan makanan yang diuji mengandung karbohidrat.
4. Uji Biuret (protein)
 Masukkan 1 ml larutan hasil penggerusan ke dalam tabung reaksi! Tambahkan setetes demi setetes larutan Biuret sambil dikocok hingga tercapai warna maksimum (tidak terjadi perubahan lagi)! Bandingkan hasil percobaan untuk tiap bahan makanan yang kamu uji!
5. Uji Xantoprotein
 Masukkan 1 ml larutan hasil penggerusan bahan makanan ke dalam tabung reaksi, lalu tambahkan 0,5 ml larutan asam nitrat (HNO_3) pekat! Panaskan larutan dalam pemanas sampai mendidih (terbentuk larutan bening)! Kemudian, dinginkan dan tambahkan larutan NaOH 30% ke dalam tabung setetes demi setetes hingga pH larutan menjadi netral!
6. Catatlah apa yang terjadi setelah penambahan larutan asam nitrat, sesudah pemanasan, dan warna larutan sebelum dan sesudah netralisasi dengan NaOH! Diskusikan pertanyaan berikut!

Pertanyaan

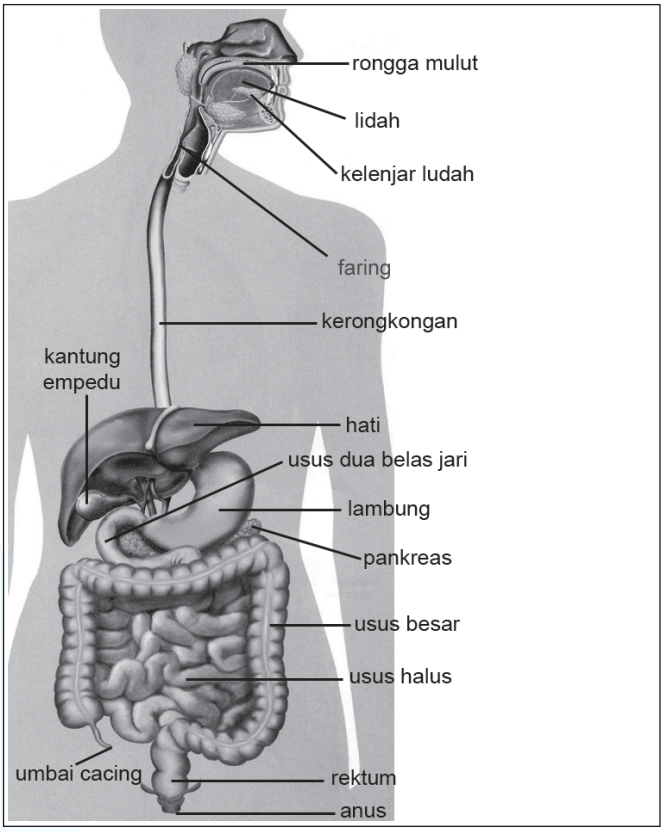
1. Setelah melakukan keempat macam uji di atas, buatlah tabel dengan hasil-hasil yang telah kalian peroleh!
2. Bahan makanan apakah yang mengandung karbohidrat dan bahan makanan apakah yang mengandung protein?
3. Warna apakah yang terjadi bila percobaan uji Biuret positif?
4. Apa manfaat karbohidrat dan protein pada makanan?

C. Sistem Pencernaan Makanan

Proses pencernaan pada manusia dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu:

1. *Pencernaan mekanik*, adalah proses pengubahan makanan dari bentuk kasar menjadi bentuk kecil atau halus. Proses ini dilakukan dengan menggunakan gigi di dalam mulut.
2. *Pencernaan kimiawi*, adalah proses perubahan makanan dari zat yang kompleks menjadi zat-zat yang lebih sederhana dengan enzim, yang terjadi mulai dari mulut, lambung, dan usus. *Enzim* adalah zat kimia yang dihasilkan oleh tubuh yang berfungsi mempercepat reaksi-reaksi kimia dalam tubuh.

Proses pencernaan makanan pada manusia melibatkan alat-alat pencernaan makanan. Alat-alat pencernaan makanan pada manusia adalah organ-organ tubuh yang berfungsi mencerna makanan yang kita makan. Alat pencernaan makanan dibedakan atas saluran pencernaan dan kelenjar pencernaan.



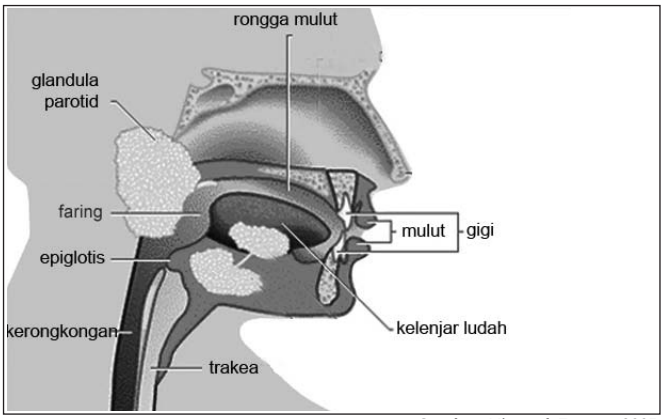
Sumber: *Kamus Visual, 2004, Hal. 164.*

Gambar 5.4 *Sistem pencernaan manusia.*

Proses pencernaan pada manusia terdiri dari:
- Pencernaan mekanik
- Pencernaan kimiawi

1. Mulut

Proses pencernaan makanan dimulai sejak makanan masuk ke dalam mulut. Di dalam mulut terdapat alat-alat yang membantu dalam proses pencernaan, yaitu gigi, lidah, dan kelenjar ludah. Perhatikan gambar 5.5. Di dalam rongga mulut, makanan mengalami pencernaan secara mekanik dan kimiawi.



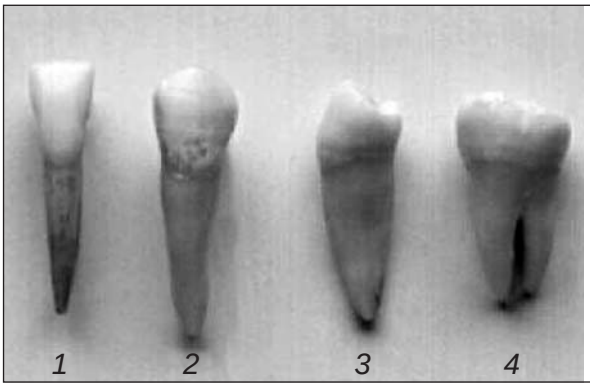
Sumber: Microsoft Encarta, 2005.

Gambar 5.5 Anatomi mulut.

Makanan yang kita makan pertama masuk ke mulut yang kemudian menjadi halus karena telah dikunyah dengan *geligi* kita dan dibantu oleh kelenjar ludah. Setelah halus barulah dapat kita telan dengan cepat melalui bagian bawah tekak dan kerongkongan.

a. Gigi

Tanpa adanya gigi, manusia akan sulit memakan makanan yang dimakannya. Gigi tumbuh di dalam lesung pada rahang dan memiliki jaringan seperti pada tulang, tetapi gigi bukanlah bagian dari kerangka. Menurut perkembangannya, gigi lebih banyak persamaannya dengan kulit daripada dengan tulang.



Keterangan:
1. *Gigi seri*
2. *Gigi taring*
3. *Gigi geraham depan*
4. *Gigi geraham belakang*

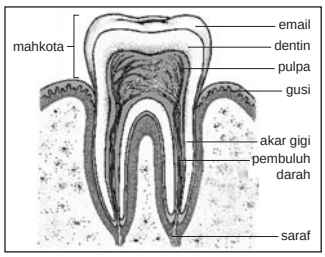
Sumber: Microsoft Encarta, 2005

Gambar 5.6 Macam-macam bentuk gigi.

1) *Jenis gigi*

Manusia memiliki empat jenis gigi untuk berbagi tugas mengunyah makanan (perhatikan gambar 5.6), yaitu:

a) *Gigi seri*: berbentuk pipih dan tajam untuk mengiris makanan.
b) *Gigi taring*: ujungnya yang runcing untuk mencabik dan menyobek makanan.
c) *Gigi premolar (geraham depan)*: bentuknya berlekuk-lekuk untuk mengiris dan melembutkan makanan.
d) *Gigi molar (geraham belakang)*: bentuknya berlekuk-lekuk untuk melembutkan makanan.



Sumber: *Microsoft Encarta, 2005.*

Gambar 5.7 *Struktur gigi.*

2) *Susunan gigi*

a) Gigi sementara

Jenis ini juga disebut *gigi susu*. Susunannya yang lengkap terdiri dari 20 buah gigi:

- Delapan gigi seri
- Empat gigi taring
- Delapan geraham depan

Gigi-gigi ini mulai muncul pada usia 6 sampai 30 bulan. Biasanya pada usia 7 sampai 12 tahun gigi-gigi tersebut tanggal (copot) dan digantikan dengan susunan yang tetap.

b) Gigi tetap

Susunan gigi tetap pada orang dewasa berjumlah 32 buah:

- Delapan gigi seri
- Empat gigi taring
- Delapan geraham depan
- Dua belas geraham belakang

Gigi yang pertama muncul adalah gigi molar pertama pada usia 6-7 tahun. Yang terakhir tumbuh ialah gigi molar ketiga, pada usia 17-25 tahun.

$$\frac{P_2\ C_1\ I_2 \mid I_2\ C_1\ P_2}{P_2\ C_1\ I_2 \mid I_2\ C_1\ P_2}$$

$$\frac{M_3\ P_2\ C_1\ I_2 \mid I_2\ C_1\ P_2\ M_3}{M_3\ P_2\ C_1\ I_2 \mid I_2\ C_1\ P_2\ M_3}$$

Keterangan
I = dens incicivus = gigi seri
C = dens caninus = gigi taring
P = dens premolare = gigi geraham depan
M = dens molare = gigi geraham belakang

Jika kita tidak merawat dan jarang menggosok gigi, maka gigi kita akan menjadi rusak karena sisa-sisa makanan yang menempel dalam gigi bisa membuat gigi berkarang bahkan berlubang.

b. Lidah

Lidah berfungsi untuk mengaduk makanan di dalam rongga mulut dan membantu mendorong makanan (proses penelanan) serta menghasilkan kelenjar ludah. Selain itu, lidah juga berfungsi sebagai alat pengecap yang dapat merasakan manis, asin, pahit, dan asam.

c. Kelenjar Ludah

Kelenjar ludah menghasilkan ludah atau air liur (saliva). Kelenjar ludah dalam mulut ada tiga pasang, yaitu:

1) Kelenjar parotis, terletak di bawah telinga. Kelenjar parotis menghasilkan ludah yang berbentuk cair.
2) Kelenjar submandibularis, terletak di rahang bawah.
3) Kelenjar sublingualis, terletak di bawah lidah. Kelenjar submandibularis dan kelenjar sublingualis menghasilkan getah yang mengandung air dan lendir.

Ludah berfungsi untuk memudahkan penelanan makanan, membasahi, dan melumasi makanan sehingga mudah ditelan. Selain itu, ludah juga melindungi selaput mulut terhadap panas, asam, dan basa.

Biologi Kita

Xerostomia

Xerostomia adalah penyakit yang menyebabkan mulut kering akibat produksi kelenjar ludah yang berkurang. Gangguan produksi kelenjar ludah tersebut dapat diakibatkan oleh gangguan/penyakit pada pusat ludah, saraf pembawa rangsang ludah ataupun oleh perubahan komposisi faali elektrolit ludah. Gangguan tersebut di atas dapat terjadi karena rasa takut/cemas, depresi, tumor otak, obat-obatan tertentu, penyakit kencing manis, penyakit ginjal, dan penyakit radang selaput otak.

Sumber: *www.wikipedia.org, 2006.*

Di dalam ludah terdapat enzim *ptialin* (amilase) yang berfungsi mengubah makanan dalam mulut yang mengandung zat karbohidrat (amilum) menjadi gula sederhana jenis maltosa. Enzim ptialin bekerja dengan baik pada pH antara 6.8 – 7 dan suhu 37 °C.

2. Kerongkongan

Kerongkongan bentuknya seperti pipa yang panjangnya pada orang dewasa kira-kira 25 cm. Pangkalnya adalah di leher, di belakang tenggorok, kemudian di daerah dada di belakang jantung, menembus sekat rongga badan di depan tulang belakang dan bermuara dalam lambung.

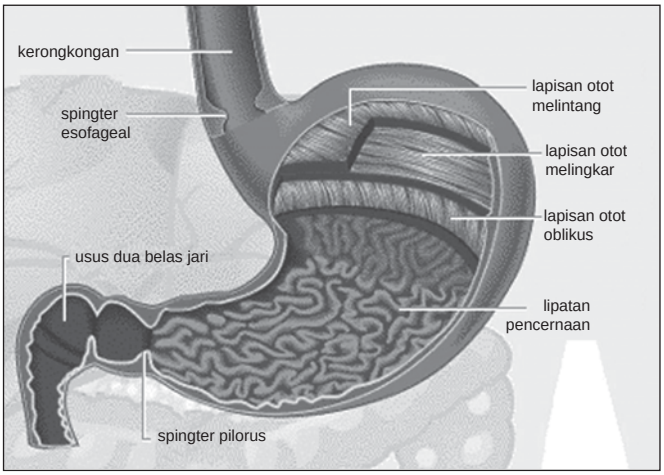
Kerongkongan berfungsi sebagai jalan bagi makanan yang telah dikunyah dari mulut menuju ke lambung. Pada kerongkongan tidak terjadi proses pencernaan. Bagian pangkal kerongkongan (faring) berotot lurik dan bekerja secara sadar menurut kehendak kita. Makanan berada di dalam kerongkongan hanya sekitar enam detik.

Otot kerongkongan dapat berkontraksi secara bergelombang sehingga mendorong makanan masuk ke dalam lambung. Gerakan kerongkongan ini disebut gerak *peristaltik*. Gerak ini terjadi karena otot yang memanjang dan melingkari dinding kerongkongan secara bergantian. Jadi gerak peristaltik

merupakan gerakan kerongkongan untuk mendorong makanan masuk ke dalam lambung.

3. *Lambung*

Lambung merupakan saluran pencernaan makanan yang melebar seperti kantung, terletak di bagian atas rongga perut sebelah kiri, dan sebagian tertutup oleh hati dan limpa. Makanan yang ditelan terkumpul dalam lambung dan bercampur dengan getah lambung, sehingga makanan menjadi encer seperti bubur. Jalan keluar lambung tertutup rapat karena tebalnya lapisan otot lingkar yang sewaktu-waktu terbuka untuk melewatkan bubur makanan sedikit demi sedikit ke dalam usus halus.



Sumber: *Microsoft Encarta, 2005.*

Gambar 5.8 *Struktur lambung.*

Tindak Lanjut

Saat perut/lambung kita kosong, sering kita mendengar suara keroncongan. Carilah informasi dari internet, buku, atau surat kabar mengapa lambung kita mengeluarkan suara tersebut! Kumpulkan hasilnya pada guru kalian!

Lambung terdiri atas empat bagian, yaitu bagian kardiak, fundus, badan lambung, dan pilorus. Kardiak berdekatan dengan hati dan berhubungan dengan kerongkongan. Pilorus berhubungan langsung dengan usus dua belas jari. Di bagian ujung kardiak terdapat klep atau *spingter* yang disebut *spingter esofageal*, sedangkan di ujung pilorus terdapat *spingter pilorus*. Spingter esofageal berfungsi untuk menjaga makanan agar tetap di lambung dan hanya akan terbuka pada saat makanan masuk atau pada saat muntah. Perhatikan gambar 5.8.

Dinding lambung terdiri atas otot-otot yang tersusun melingkar, memanjang, dan menyerong yang menyebabkan lambung berkontraksi. Dinding lambung mengandung sel-sel kelenjar yang berfungsi menghasilkan getah lambung. Makanan yang masuk ke dalam lambung tersimpan selama 2 – 5 jam. Selama makanan ada di dalam lambung, makanan dicerna secara kimiawi dan bercampur dengan getah lambung. Proses pencampuran tersebut dipengaruhi oleh gerak peristaltik.

Getah lambung adalah campuran zat-zat kimia yang sebagian besar terdiri atas air, asam lambung (HCl), serta enzim pepsin, renin, dan lipase. Getah lambung bersifat asam karena mengandung banyak asam lambung.

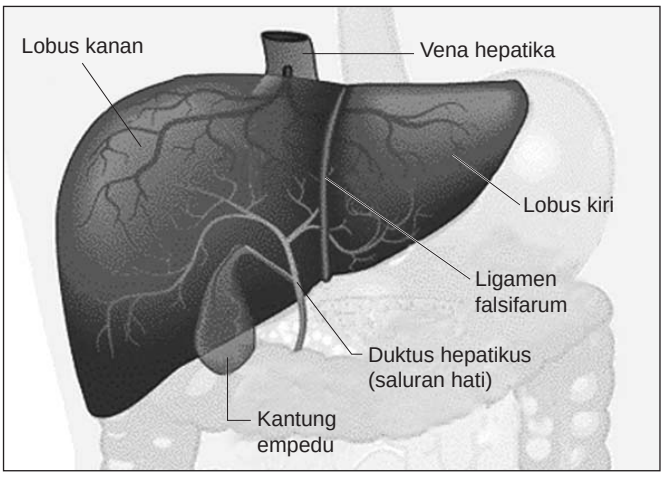
Asam lambung berfungsi untuk membunuh kuman penyakit atau bakteri yang masuk bersama makanan, mengubah sifat protein, dan mengaktifkan pepsinogen menjadi pepsin.

Pepsin berfungsi memecah protein menjadi pepton dan proteosa. Enzim *renin* berfungsi menggumpalkan protein susu (kasein) yang terdapat dalam susu. *Lipase* adalah enzim yang menghidrolisis trigliserida menjadi asam lemak dan gliserol. Dinding lambung juga menghasilkan hormon *gastrin* yang berfungsi untuk pengeluaran (sekresi) getah lambung.

Makanan dicerna oleh otot lambung dan enzim sehingga makanan menjadi lembut seperi bubur dan disebut *kim*. Otot pilorus yang membentuk klep akan mengatur keluarnya kim sedikit demi sedikit dari lambung ke duodenum. Otot pilorus yang mengarah ke lambung akan mengendur jika tersentuh kim yang bersifat asam, sebaliknya otot pilorus yang mengarah ke duodenum akan mengerut jika tersentuh kim.

4. *Hati*

Hati adalah alat yang besar, terletak di bawah sekat rongga badan dan mengisi sebagian besar bagian atas rongga perut sebelah kanan. Hati membuat empedu yang terkumpul dalam kantung empedu. Empedu tersebut menjadi kental karena airnya diserap kembali oleh dinding kantung empedu. Pada waktu tertentu, empedu dipompakan ke dalam usus dua belas jari melalui pipa empedu. Perhatikan gambar 5.9.



Sumber: *Microsoft Encarta, 2005.*

Gambar 5.9 *Hati.*

Dalam metabolisme karbohidrat, hati berfungsi untuk:
- Menyimpan glikogen.
- Mengubah galaktosa dan fruktosa menjadi glukosa.
- Glukoneogenesis (pengubahan molekul-molekul lemak, protein, dan laktat menjadi glukosa).
- Membentuk senyawa kimia penting dari hasil perantara metabolisme karbohidrat.

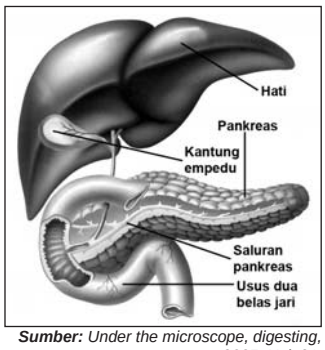
Hati berfungsi sangat penting terutama untuk mempertahankan konsentrasi gula dalam darah. Pada metabolisme protein, hati berfungsi untuk:
- Pembentukan sebagian besar lipoprotein.
- Pembentuk sejumlah besar kolesterol dan fosfolipid.
- Mengubah sejumlah besar karbohidrat dan protein menjadi lemak.

Pada metabolisme protein, hati berfungsi untuk:
- Deaminasi asam amino, yaitu pengurangan gugus amin ($-NH_2$) pada asam amino.
- Pembentukan urea, untuk mengeluarkan amonia dari cairan tubuh.
- Pembentukan plasma protein.
- Interkonversi di antara asam amino yang berbeda untuk proses metabolisme tubuh.

Hati mempunyai kecenderungan untuk menyimpan vitamin. Vitamin yang disimpan di hati adalah A, D, dan Vitamin B_{12}.

5. Kelenjar Pankreas

Kelenjar pankreas adalah sebuah alat yang panjang melintang pada dinding belakang perut dan berjalan ke kiri sampai pada limpa. Perhatikan gambar 5.10. Ujungnya terletak dalam lengkung usus dua belas jari. Saluran pankreas bermuara di dalam usus dua belas jari bersama dengan saluran empedu. Sebagian jaringan pada pankreas dapat mengeluarkan getahnya yaitu *insulin*. Insulin akan dicurahkan langsung ke dalam darah. Karena itu, maka pankreas disebut juga *kelenjar buntu*. Bubur makanan yang keluar dari lambung dan masuk ke dalam usus halus bercampur dengan empedu dan getah pankreas sehingga pencernaan makanan berlangsung terus. Bubur makanan itu disiapkan untuk diserap zat-zat makanannya oleh dinding usus. Penyerapan ini juga terjadi pada usus halus lainnya, yang terletak berliku-liku dalam rongga perut bagian bawah.



Sumber: *Under the microscope, digesting, 2005, Hal. 21.*

Gambar 5.10 *Kantung empedu dan pankreas.*

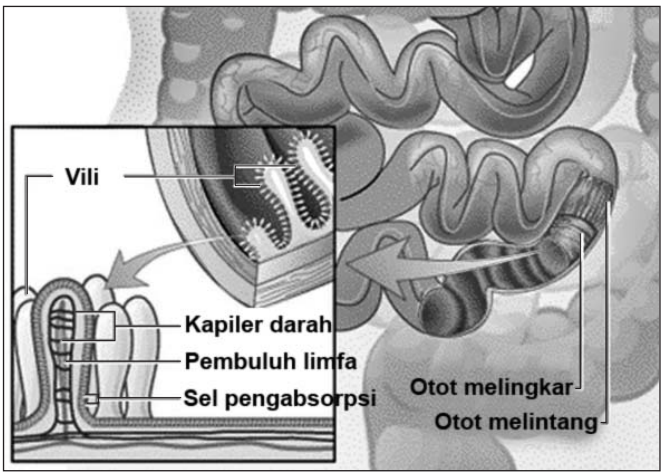
Peran kelenjar pankreas dalam pencernaan adalah menghasilkan getah pankreas. Getah pankreas dialirkan ke dalam saluran pencernaan pada duodenum melalui *ductus coledochus* bersama cairan empedu. Getah pankreas mengandung lipase, garam karbonat, dan tripsinogen.

Lipase adalah enzim yang digunakan untuk memecah lemak menjadi asam lemak dan gliserol. *Tripsinogen* adalah enzim yang belum aktif, jika sudah aktif akan menjadi tripsin dan berperan mencerna protein secara kimiawi. *Garam karbonat* berperan dalam pencernaan lemak.

6. Usus halus

Usus halus terdiri atas tiga bagian, yaitu *duodenum* (usus dua belas jari), *jejunum*, dan *ileum* (usus penyerapan). Bagian pertama dari usus halus adalah

usus duodenum (dua belas jari) yang melengkung seperti ladam. Panjangnya kira-kira 30 cm. Pada duodenum bermuara dua saluran, yaitu dari pankreas dan kantung empedu sehingga terjadi proses pencernaan secara kimiawi.



Sumber: *Microsoft Encarta, 2005.*

Gambar 5.11 *Usus halus.*

Di dalam jejunum makanan mengalami pencernaan secara kimiawi oleh enzim yang dihasilkan oleh usus halus. Enzim-enzim tersebut adalah:

a. *Enterokinase*, berfungsi mengaktifkan tripsinogen yang dihasilkan pankreas.
b. *Laktase*, berfungsi mengubah laktosa menjadi glukosa.
c. *Erepsin* atau *dipeptidase*, berfungsi mengubah dipeptida atau pepton menjadi asam amino.
d. *Maltase*, berfungsi mengubah maltosa menjadi glukosa.
e. *Disakarase*, berfungsi mengubah disakarida menjadi monosakarida.
f. *Peptidase*, berfungsi mengubah polipeptida menjadi asam amino.
g. *Sukrase*, berfungsi mengubah sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa.
h. *Lipase*, berfungsi mengubah trigliserida menjadi gliserol dan asam lemak.

Di dalam ileum banyak terdapat jonjot usus yang berfungsi untuk memperluas permukaan usus halus sehingga proses penyerapan makanan akan menjadi lebih sempurna. Zat makanan berupa glukosa, asam amino, vitamin, mineral, dan air setelah diserap oleh usus halus akan dibawa oleh darah melalui pembuluh *vena porta hepatika* ke hati. Selanjutnya dari hati ke jantung kemudian diedarkan ke seluruh tubuh.

Asam lemak dan gliserol bersama empedu membentuk suatu larutan yang disebut *misel*. Selanjutnya asam lemak dan gliserol dibawa oleh pembuluh getah bening (pembuluh kil) dan akhirnya masuk ke dalam peredaran darah. Garam empedu yang masuk ke darah menuju ke hati dibuat empedu kembali.

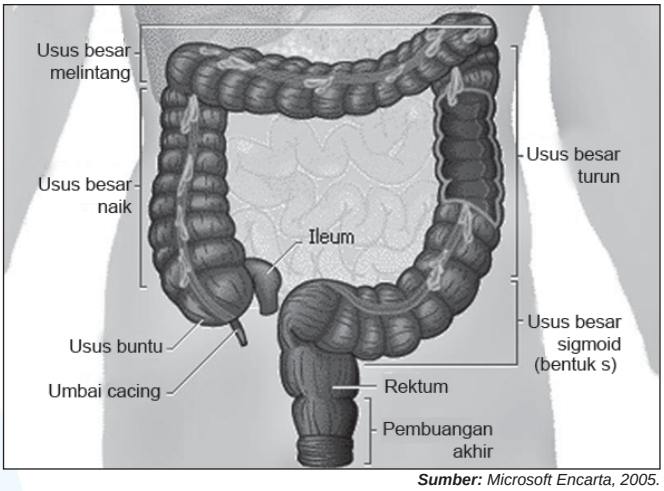
Vitamin yang larut dalam lemak (A, D, E, K) diserap oleh usus halus dan diangkut melalui pembuluh getah bening. Selanjutnya vitamin-vitamin tersebut masuk ke peredaran darah.

Umumnya sari makanan diserap saat mencapai akhir usus halus. Sisa makanan yang tidak diserap, secara perlahan-lahan bergerak ke usus besar.

Seluruh usus halus panjangnya beberapa meter. Ujungnya bermuara ke dalam sisi usus besar sehingga terbentuk usus buntu, yaitu suatu bagian pendek usus besar yang buntu.

7. *Usus Besar*

Di sebelah kanan dalam rongga perut terdapat usus besar naik, dalam rongga perut sebelah atas terdapat lanjutannya sebagai usus besar melintang, dan dalam rongga perut sebelah kiri dijumpai usus besar turun yang berlanjut sebagai usus besar bentuk "S". Perhatikan gambar 5.12. Setelah usus besar berbentuk S terdapat poros usus (rektum). Di dalam usus besar sisa-sisa makanan yang tidak dapat dicerna lagi menjadi kental, karena airnya diserap kembali oleh dinding usus besar. Sisa makanan tersebut sampai ke dalam poros usus yang terletak pada dinding belakang panggul kecil. Perjalanan makanan di dalam usus besar dapat mencapai 4 – 5 jam. Namun, di usus besar makanan dapat disimpan sampai 24 jam.



Sumber: Microsoft Encarta, 2005.

Gambar 5.12 *Usus besar.*

Sistem pencernaan manusia terdiri atas:
- Saluran pencernaan
 - mulut
 - kerongkongan
 - lambung
 - usus halus
 - usus besar
 - anus
- Kelenjar pencernaan
 - hati
 - pankreas

Di dalam usus besar terdapat bakteri *Escherichia coli.* Bakteri ini membantu dalam proses pembusukan sisa makanan menjadi feses. Selain itu, *E. coli* juga menghasilkan vitamin K yang berperan penting dalam proses pembekuan darah.

8. *Anus*

Di dalam usus besar, feses didorong secara teratur dan lambat oleh gerakan peristaltik menuju ke rektum (poros usus) yang merupakan bagian akhir dari saluran pencernaan. Bagian bawah poros usus itu akhirnya bermuara pada lubang dubur yang nantinya mengeluarkan feses. Gerakan peristaltik dikendalikan oleh otot polos (otot tak sadar). Akan tetapi, pada saat buang air besar otot spingter di anus dipengaruhi oleh otot lurik (otot sadar). Jadi, proses *defekasi* (buang air besar) dilakukan dengan sadar, yaitu dengan adanya kontraksi otot dinding perut yang diikuti dengan mengendurnya otot spingter anus dan kontraksi kolon serta rektum. Akibatnya, feses dapat terdorong ke luar anus.

Kegiatan 5.2

Enzim dan Kerja Enzim

Tujuan: mempelajari enzim dan proses kerja enzim.

Alat dan Bahan

1. Tabung reaksi
2. Pipet
3. Gelas ukur
4. Kertas saring
5. Pelet cat air
6. Beker gelas 25 ml
7. Larutan Iod
8. Larutan Biuret
9. Larutan $FeCl_3$ 1%
10. Larutan HCl 0,4%
11. Saliva
12. Akuades

Langkah Kerja

1. Percobaan Mucin
 Suruh salah satu teman kelompok kalian mengumpulkan saliva (air ludah) dalam beker gelas kira-kira 4 ml, lalu saring! Masukkan 1 ml filtrat hasil penyaringannya ke dalam tabung reaksi! Kemudian, lakukanlah uji Biuret terhadap filtrat tersebut, dan catat hasil pengamatan kalian!
2. Percobaan Ion CNS
 Sediakan dua tabung reaksi, masukkan ke dalam masing-masing tabung 1 ml larutan $FeCl_3$ 1% dan diasamkan dengan sedikit larutan HCl! Ke dalam tabung reaksi yang pertama, tambahkan setetes demi setetes filtrat air ludah yang telah disediakan dari percobaan (1) sampai terlihat perubahan warna! Tabung kedua digunakan sebagai kontrol. Catatlah warna yang terbentuk pada tabung reaksi pertama dan apa arti perubahan warna tersebut!

3. Percobaan hidrolisa amilum oleh enzim amilase
Saringlah air ludah dari salah satu teman kelompok kalian hingga diperoleh filtrat 2 ml! Sediakan 20 buah tabung reaksi yang telah diberi nomor, lalu masukkan ke dalam masing-masing tabung 2 ml larutan Benedict! Siapkan larutan Iod dalam satu tabung reaksi dan palet cat air. Masukkan 25 ml larutan amilum ke dalam beker gelas, lalu masukkan 2 ml filtrat saliva yang telah disediakan sebelumnya!
Dengan interval waktu 2 menit, lakukanlah uji Benedict terhadap larutan amilum yang telah diberi saliva dalam masing-masing tabung reaksi dan uji Iod pada pelet cat air dalam waktu yang bersamaan! Lakukanlah kedua percobaan ini berturut-turut hingga tercapai titik akromatis (tidak terjadi perubahan lagi/kesetimbangan)! Catat waktu saat tercapainya titik akromatis ini!

Pertanyaan
1. Apakah tujuan penyaringan saliva?
2. Untuk menguji apakah uji Biuret?
3. Apa tujuan percobaan dihentikan saat mencapai titik akromatis?
4. Buatlah kesimpulan!

D. Gangguan Sistem Pencernaan

Gangguan pada sistem pencernaan makanan dapat disebabkan oleh pola makan yang salah, infeksi bakteri, dan kelainan alat pencernaan. Di antara gangguan-gangguan ini adalah diare, sembelit, tukak lambung, peritonitis, kolik, sampai pada infeksi usus buntu (apendisitis).

Kelainan dan penyakit pada sistem pencernaan antara lain sebagai berikut:

1. Diare

Diare merupakan keadaan buang air besar yang terjadi terlalu sering dengan feses yang banyak mengandung air. Diare menyebabkan tubuh kehilangan banyak air. Diare yang berlangsung lama menyebabkan dehidrasi. Dehidrasi akan menyebabkan tubuh terasa lemas karena banyak kehilangan air dan garam mineral.

Penyebab penyakit diare antara lain ansietas (stres), peradangan usus (misalnya kolera, disentri), kekurangan gizi (misalnya kelaparan, kekurangan zat putih telur), keracunan makanan atau tidak tahan terhadap makanan tertentu.

2. Sembelit

Sembelit terjadi jika kim masuk ke usus dengan sangat lambat. Akibatnya, air terlalu banyak diserap usus, maka feses menjadi keras dan kering. Sembelit ini disebabkan karena kurang mengonsumsi makanan yang berupa tumbuhan atau berserat.

Beberapa faktor penyebab sembelit adalah:

a. Kurang minum.
b. Kurang makanan berserat.
c. Tidak membiasakan diri buang air besar setiap hari.
d. Usia.
e. Kurangnya aktivitas fisik.
f. Kehamilan.
g. Dalam kondisi sakit.
h. Stres.

Untuk mencegah sembelit, sebaiknya banyak minum air putih dan makan makanan yang banyak mengandung serat.

Tindak Lanjut

Carilah berbagai penyakit yang menyerang sistem pencernaan selain yang ada pada materi ini pada internet, buku, atau surat kabar! Kumpulkan hasilnya pada guru kalian!

3. Tukak Lambung (Maag)

Tukak lambung adalah luka pada lapisan lambung atau usus dua belas jari yang dikenal dengan sakit *maag*. Luka akan lebih parah kalau lambung dalam keadaan kosong akibat makan tidak teratur yang pada akhirnya akan mengakibatkan pendarahan pada lambung. Dinding lambung diselubungi mukus yang di dalamnya juga terkandung enzim. Jika pertahanan mukus rusak, enzim pencernaan akan menghidrolisis atau mengikis bagian-bagian kecil dari lapisan permukaan lambung. Hasil dari kegiatan ini adalah terjadinya tukak lambung. Tukak lambung menyebabkan berlubangnya dinding lambung sehingga isi lambung jatuh di rongga perut. Sebagian besar tukak lambung ini disebabkan oleh infeksi bakteri jenis tertentu (terutama bakteri *Helicobacter pylori)* dan produksi HCl yang berlebihan. Gejala umum penyakit maag adalah pegal-pegal di punggung selama beberapa hari atau beberapa minggu. Gejala ini terjadi 2 – 3 jam setelah makan atau terjadi tengah malam ketika perut kosong. Gejala-gejala lainnya yaitu berat badan berkurang, kurang nafsu makan, mual, dan muntah-muntah.

4. Radang Usus Buntu

Radang usus buntu akibat dari infeksi yang terjadi pada usus buntu. Gejala penyakit ini adalah sakit perut. Sakit perut yang dirasakan biasanya di perut bagian bawah sebelah kanan.

Radang usus buntu terjadi jika lubang yang menghubungkan usus buntu dengan usus besar tersumbat. Penyumbatan dapat terjadi karena lendir yang menebal atau masuknya benda keras. Lendir ini lama-kelamaan akan mengeras

dan menyumbat lubang usus buntu. Selanjutnya, bakteri yang secara alami berada dalam usus buntu menginfeksi dinding usus buntu. Infeksi inilah yang menyebabkan usus buntu meradang dan menimbulkan rasa sakit.

5. *Radang pada Dinding Lambung (Gastritis)*

Radang dinding lambung merupakan peradangan yang terjadi pada membran mukus yang melapisi lambung. Gejala radang dinding lambung misalnya kesulitan bernapas, feses hitam bercampur darah, sakit kepala, dan rasa tidak nyaman di perut bagian atas. Radang dinding lambung dapat disebabkan oleh alergi terhadap makanan tertentu, alkohol, obat-obatan, racun, dan bakteri tertentu.

E. Sistem Pencernaan Hewan Ruminansia

Pola sistem pencernaan pada hewan memamah biak (ruminansia) umumnya sama dengan manusia, yaitu terdiri atas mulut, faring, esofagus, lambung, dan usus. Perbedaannya terletak pada susunan dan fungsi gigi serta lambungnya. Susunan giginya terdiri atas:

1. Gigi seri (incicivus) memiliki bentuk untuk menjepit makanan berupa tetumbuhan seperli rumput.
2. Geraham belakang (molar) memiliki bentuk datar dan lebar.
3. Rahang yang dapat bergerak menyamping untuk menggiling makanan.

Struktur lambung memiliki empat ruangan, yaitu: rumen (perut besar), retikulum (perut jala), omasum (perut kitab), dan abomasum (perut masam). Namun demikian, struktur alat pencernaan kadang-kadang berbeda antara hewan yang satu dengan hewan yang lain. Misalnya sapi mempunyai susunan gigi sebagai berikut:

3	3	0	0	0	0	0	0	Rahang atas
M	**P**	**C**	**I**	**I**	**C**	**P**	**M**	Jenis gigi
3	3	0	4	4	0	3	3	Rahang bawah

Keterangan: *I = dens incicivus = gigi seri*
C = dens caninus = gigi taring
P = dens premolare = gigi geraham depan
M = dens molare = gigi geraham belakang

Berdasarkan susunan gigi di atas, terlihat bahwa sapi (hewan memamah biak) tidak mempunyai gigi seri bagian atas dan gigi taring, tetapi memiliki gigi geraham lebih banyak dibandingkan dengan manusia sesuai dengan fungsinya untuk mengunyah makanan berserat, yaitu penyusun dinding sel tumbuhan yang terdiri atas 50% selulosa.

Jika dibandingkan dengan kuda, faring pada sapi lebih pendek. Esofagus (kerongkongan) pada sapi sangat pendek dan lebar serta lebih mampu berdilatasi (membesar). Esofagus berdinding tipis dan panjangnya bervariasi diperkirakan sekitar 5 cm.

Lambung sapi sangat besar, diperkirakan sekitar 3/4 dari isi rongga perut. Lambung mempunyai peranan penting untuk menyimpan makanan sementara yang akan dimamah kembali (kedua kali). Selain itu, pada lambung juga terjadi proses pembusukan dan peragian.

Lambung ruminansia terdiri atas 4 bagian, yaitu *rumen, retikulum, omasum,* dan *abomasum* dengan ukuran yang bervariasi sesuai dengan umur dan makanan alamiahnya. Kapasitas rumen 80%, retikulum 5%, omasum 7-8%, dan abomasum 7-8%. Pembagian ini terlihat dari bentuk gentingan pada saat otot spingter berkontraksi.

Makanan dari kerongkongan akan masuk rumen yang berfungsi sebagai gudang sementara bagi makanan yang tertelan. Di rumen terjadi pencernaan protein, polisakarida, dan fermentasi selulosa oleh enzim selulase yang dihasilkan oleh bakteri dan jenis protozoa tertentu. Dari rumen, makanan akan diteruskan ke retikulum dan di tempat ini makanan akan dibentuk menjadi gumpalan-gumpalan yang masih kasar disebut *bolus.* Bolus akan dimuntahkan kembali ke mulut untuk dimamah kedua kali. Dari mulut, makanan akan ditelan kembali untuk diteruskan ke omasum. Pada omasum terdapat kelenjar yang memproduksi enzim yang akan bercampur dengan bolus. Akhirnya bolus akan diteruskan ke abomasum, yaitu perut yang sebenarnya dan di tempat ini masih terjadi proses pencernaan bolus secara kimiawi oleh enzim.

Selulase yang dihasilkan oleh mikroba (bakteri dan protozoa) akan menghancurkan selulosa. Mikroba penghasil selulase tidak tahan hidup di abomasum karena pH yang sangat rendah, akibatnya bakteri ini akan mati, namun dapat dicernakan untuk menjadi sumber protein bagi hewan pemamah biak. Dengan demikian, rumimansia tidak memerlukan asam amino esensial seperti pada manusia.

Hewan seperti kuda, kelinci, dan marmut tidak mempunyai struktur lambung seperti pada sapi untuk fermentasi selulosa. Proses fermentasi atau pembusukan yang dilaksanakan oleh bakteri terjadi pada *sekum* yang banyak mengandung bakteri. Proses fermentasi pada sekum tidak seefektif fermentasi yang terjadi di lambung. Akibatnya kotoran kuda, kelinci, dan marmut lebih kasar karena proses pencernaan selulosa hanya terjadi satu kali, yakni pada sekum. Sedangkan pada sapi proses pencernaan terjadi dua kali, yakni pada lambung dan sekum yang kedua-duanya dilakukan oleh bakteri dan protozoa tertentu.

Tindak Lanjut

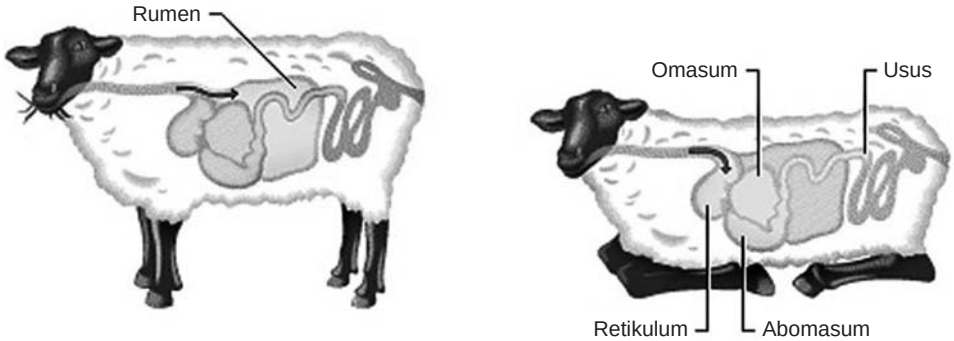
Carilah informasi dari internet, buku, atau surat kabar tentang sistem pencernaan hewan selain dari hewan mamalia! Kemudian buatlah tulisan yang menjelaskan sistem pencernaan hewan tersebut! Kumpulkan hasilnya pada guru kalian!

Pada kelinci dan marmut, kotoran yang telah keluar tubuh seringkali dimakan kembali. Kotoran yang belum tercerna tadi masih mengandung banyak zat makanan, yang akan dicernakan lagi oleh kelinci.

Sekum pada pemakan tumbuh-tumbuhan lebih besar dibandingkan dengan sekum karnivora. Hal itu disebabkan karena makanan herbivora

bervolume besar, sedangkan pada karnivora volume makanan kecil dan pencernaan berlangsung dengan cepat.

Usus pada sapi sangat panjang, usus halusnya bisa mencapai 40 meter. Hal itu dipengaruhi oleh makanannya yang sebagian besar terdiri dari serat (selulosa). Enzim selulase yang dihasilkan oleh bakteri ini tidak hanya berfungsi untuk merombak selulosa, tetapi juga dapat menghasilkan biogas yang berupa CH_4 yang dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif. Tidak tertutup kemungkinan bakteri yang ada di sekum akan keluar dari tubuh organisme bersama feses, sehingga di dalam feses (tinja) hewan yang mengandung bahan organik akan diuraikan dan dapat melepaskan gas CH_4 (gas bio).



Sumber: *Microsoft Encarta, 2005*

Gambar 5.13 *Lambung pada hewan memamah biak*

Bio Eksplorasi

Diet

Seperti fesyen, diet pun mengenal tren. Beberapa tahun belakangan, muncul istilah fad diet atau diet populer, yang berarti jenis atau cara diet yang sangat laku dijual. Jadi, dalam hal ini masyarakat cenderung mencari sesuatu yang aneh, populer, dan mencobanya. Meski populer, soal kebenaran, pembuktian ilmiah, keamanan, dan penelitiannya, belum membuktikan bahwa diet tersebut baik.

Salah satu fad diet yang sempat jadi tren beberapa waktu silam adalah diet rendah karbohidrat atau low carbohydrate diet (low-carb diet). Diet semacam ini sering disebut diet Atkins karena diperkenalkan oleh seorang ahli nutrisi asal Amerika, **Dr. Robert Coleman Atkins**, tahun 1970 silam. Uniknya, diet rendah karbohidrat justru populer di tahun 2000-an.

Para penganut diet semacam ini tak mengonsumsi nasi, kentang, roti, dan sumber karbohidrat lainnya. Padahal, karbohidrat merupakan salah satu nutrien penghasil energi, selain protein dan lemak.

Karbohidrat terdiri dari tiga elemen, yaitu karbon, hidrogen, dan oksigen. Setiap gram karbohidrat menghasilkan empat kalori energi. Fungsi karbohidrat tak main-main. Karbohidrat berguna memacu otak dan otot-otot tubuh, serta memasok energi ke berbagai fungsi tubuh seperti alat pernapasan dan jantung.

Sumber: *www.kompas.com, 21 Desember 2005.*

Setelah membaca uraian tersebut jawablah pertanyaan berikut ini!
1. Baikkah menurut kalian diet dengan cara tidak mengonsumsi karbohidrat?
2. Buatlah menu makanan yang dapat disajikan untuk diet yang cukup nutrien!

Rangkuman

1. Makanan merupakan bahan yang dicerna oleh alat pencernaan makanan berisi zat-zat gizi yang memberikan tubuh energi untuk bergerak dan bahan pembangun untuk pertumbuhan.
2. Zat makanan yang dibutuhkan manusia dalam jumlah banyak disebut makronutrien terdiri atas karbohidrat, protein, dan lemak. Zat makanan yang dibutuhkan jumlahnya sedikit disebut mikronutrien terdiri atas vitamin dan mineral.
3. Karbohidrat merupakan sumber kalori utama bagi tubuh kita. Sumber karbohidrat misalnya beras, jagung, sagu, gandum, dan lain-lain.
4. Protein terdiri dari dua macam yaitu protein yang berasal dari hewan disebut protein hewani dan protein yang berasal dari tumbuhan disebut protein nabati. Sumber protein misalnya daging, susu, ikan, dan telur.

5. Sumber lemak ada dua yaitu lemak hewani dan lemak nabati. Makanan yang mengandung lemak, misalnya kemiri, alpukat, daging, telur, susu, dan lain-lain.
6. Berdasarkan kelarutannya vitamin dibagi dua yaitu vitamin yang larut di air yaitu B dan C, dan vitamin yang larut dalam lemak A, D, E, dan K.
7. Proses pencernaan pada manusia terdiri dari dua macam, yaitu pencernaan mekanik dan pencernaan kimia.
8. Saluran pencernaan manusia terdiri atas mulut, kerongkongan, lambung, usus halus, usus besar, dan anus. Kelenjar pencernaan terdiri atas hati dan pankreas.

Uji Kompetensi

I. *Pilihan ganda*

1. *Perhatikan tabel hasil percobaan uji makanan di bawah ini!*

No.	Bahan Makanan	Benedict	Biuret	Lugol
1.	K	Merah bata	Abu-abu	Biru tua
2.	L	Merah bata	Abu-abu	Cokelat
3.	M	Merah bata	Ungu	Cokelat
4.	N	Biru muda	Ungu	Biru tua
5.	O	Biru muda	Abu-abu	Biru tua

Berdasarkan tabel di atas dapat disimpulkan bahwa bahan makanan
a. K mengandung glukosa dan amilum
b. L mengandung glukosa dan amilum
c. M mengandung glukosa dan amilum
d. N mengandung protein dan lemak
e. O mengandung lemak dan glukosa

2. Jenis makanan yang merupakan sumber karbohidrat adalah
a. beras, jagung, daging, dan susu
b. beras, jagung, kentang, dan telur
c. gandum, sagu, biji-bijian, dan ikan
d. beras, jagung, gandum, dan sagu
e. beras, jagung, gandum, dan buah-buahan

3. *Perhatikan tabel berikut ini!*

No.	Vitamin	Sumber	Fungsi
1.	B_{12}	Telur, susu	Metabolisme sel dan pertumbuhan jaringan
2.	B_6	Hati, kacang hijau	Mengatur kadar gula darah
3.	B_3	Ikan, kentang	Oksidasi dan dehidrasi
4.	B_2	Jagung, telur	Memengaruhi penyerapan lemak di usus
5.	B_1	Sayuran hijau, hati	Memelihara nafsu makan dan fungsi saraf

Hubungan yang benar antara nama, sumber, dan fungsi dari vitamin adalah

a. 1
b. 2
c. 3
d. 4
e. 5

4. *Perhatikan tabel berikut ini!*

No.	Organ	Enzim yang dihasilkan	Fungsi mengubah
1.	Mulut	Ptialin	Amilum menjadi glukosa
2.	Lambung	Pepsin, renin	Protein menjadi glukosa
3.	Pankreas	Lipase	Gliserol menjadi asam lemak
4.	Usus 12 jari	Sakrase	Sukrosa menjadi asam amino
5.	Usus halus	Steapsin	Tripsinogen menjadi tripsin

Hubungan yang benar antara organ, enzim yang dihasilkan serta fungsinya dari tabel proses pencernaan di bawah ini adalah

a. 1
b. 2
c. 3
d. 4
e. 5

5. *Berikut ini beberapa kelainan sistem pencernaan:*
 1. *usus besar mengabsorpsi air secara berlebihan*
 2. *feses menjadi kering dan keras*
 3. *pengeluaran feses menjadi sulit*
 4. *usus besar menyekresi air terlalu banyak*
 5. *poros usus mengalami pembengkakan*

 Dari ciri-ciri tersebut, yang merupakan gejala sembelit adalah

 a. 1, 2, 3
 b. 1, 3, 4
 c. 2, 3, 4
 d. 2, 3, 5
 e. 3, 4, 5

6. Seorang siswa mengalami gangguan pencernaan makanan dengan gejala sukar membuang air besar. Gangguan ini disebut
 a. sembelit, disebabkan makanannya kurang mengandung serat
 b. diare, disebabkan keracunan makanan
 c. kolik, disebabkan kekurangan vitamin C
 d. apendisitis, disebabkan infeksi kuman
 e. peritonitis, disebabkan infeksi selaput rongga tubuh

7. Garam empedu bekerja dalam usus halus sebagai pencerna zat-zat makanan, dan berfungsi untuk
 a. mengubah putih telur menjadi asam amino
 b. mengemulsikan lemak menjadi asam lemak dan gliserol
 c. merombak gliserol menjadi asam lemak
 d. menghancurkan makanan menjadi bubur
 e. merombak hidrat arang menjadi glukosa
8. Berdasarkan hasil laboratorium pada tinja Udin ditemukan zat lemak, sedangkan pada urinenya tidak. Dugaan di antara organ di bawah ini yang mengalami kerusakan adalah
 a. hepar
 b. gastrum
 c. duodenum
 d. jejenum
 e. ileum
9. Penyebab terjadinya sembelit atau konstipasi adalah
 a. feses sangat cepat didorong oleh kolon sehingga feses terlalu encer
 b. usus membelit sehingga zat makanan terhambat perjalanannya
 c. penderita terlalu banyak memakan makanan yang merangsang lambung
 d. gerakan peristaltik pada kolon mengalami gangguan
 e. feses sangat lambat didorong oleh kolon, karena terlalu banyak penyerapan air
10. Enzim tripsin berfungsi untuk memecahkan
 a. lemak menjadi gliserol
 b. pepton menjadi asam amino
 c. amilum menjadi glukosa
 d. lemak menjadi asam lemak
 e. maltosa menjadi glukosa
11. Bagian lambung domba yang serupa atau sama dengan lambung manusia adalah
 a. abomasum
 b. rumen
 c. retikulum
 d. omasum
 e. ileum
12. Dari beberapa macam hormon yang kalian kenal, ada di antaranya yang dihasilkan oleh pankreas yaitu
 a. tripsin
 b. erepsin
 c. insulin
 d. pepsin
 e. amilase
13. Suatu enzim yang terdapat dalam hati dengan konsentrasi tinggi, bekerja pada peroksida air dengan menghasilkan air dan oksigen adalah enzim
 a. peroksidase
 b. katalase
 c. oksigenase
 d. dehidrogenase
 e. dehidrasi

14. Kekurangan protein pada makanan menyebabkan busung lapar karena protein selain merupakan penyusun enzim juga berfungsi dalam
 a. menyusun penimbunan lemak
 b. merusak zat yang bersifat racun
 c. memelihara keseimbangan tekanan osmosis darah
 d. memelihara keseimbangan energi
 e. memelihara ketegaran suatu sel

15. Tanaman kacang disimpan di tempat gelap selama 2 hari, daunnya dipetik dan disinari dengan sinar hijau selama beberapa menit, kemudian dilakukan uji amilum dengan lugol. Dari percobaan ini, daun tersebut akan tampak
 a. berwarna biru karena terbentuk molekul tepung
 b. tidak berwarna biru karena dalam fotosintesis dibentuk molekul gula
 c. tidak berwarna biru karena klorofil akan rusak kalau disimpan di tempat yang gelap
 d. tidak berwarna biru karena sinar hijau tidak dimanfaatkan untuk fotosintesis
 e. tidak berwarna biru karena tepung yang terbentuk terurai menjadi gula

16. Rasa lapar disebabkan karena
 a. tidak adanya makanan di dalam lambung
 b. berkurangnya zat makanan dalam tubuh
 c. menurunnya kadar gula darah
 d. menurunnya persediaan energi dalam tubuh
 e. lambatnya gerakan peristaltik usus

17. Zat makanan dalam metabolisme menghasilkan energi tinggi untuk satuan berat yang sama adalah
 a. protein
 b. vitamin
 c. lemak
 d. karbohidrat
 e. serat kasar

18. Hasil pencernaan di bawah ini siap diserap oleh usus halus, *kecuali*
 a. gliserol
 b. asam lemak
 c. polipeptida
 d. monosakarida
 e. vitamin

19. Fungsi hati berikut yang berkaitan dengan fungsi pencernaan makanan adalah
 a. menetralkan racun
 b. menghasilkan empedu
 c. menghasilkan sel darah merah
 d. menyimpan zat makanan
 e. menghancurkan eritrosit tua

20. Proses pencernaan yang terjadi di mulut berlangsung secara mekanik dan kimiawi dengan menggunakan enzim sebagai katalisatornya. Zat yang diubah di dalam mulut dengan perantaraan enzim adalah
 a. protein
 b. lemak
 c. karbohidrat
 d. mineral
 e. vitamin

II. Uraian

1. Apa fungsi vitamin dan mineral bagi tubuh?
2. Sebutkan perbedaan pencernaan secara mekanik dan kimiawi serta jelaskan di bagian manakah proses tersebut masing-masing terjadi!
3. Proses apa yang terjadi sehingga protein dan karbohidrat dalam daging dan roti dipecah sehingga dapat diserap usus?
4. Bagaimana cara pemberian pertolongan pertama pada penderita diare?
5. Bagaimana cara hasil pencernaan makanan memasuki darah?

III. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut berdasarkan analisis kalian!

1. Seseorang yang menderita penyakit maag disarankan tidak mengonsumsi buah-buahan yang berasa asam. Menurut kalian, makanan apa saja yang tepat dikonsumsi oleh penderita maag? Jelaskan alasan kalian!
2. Mengapa pada saat makan sambil berbicara kita sering tersedak? Jelaskan pendapat kalian!

Bab 6

Sistem Pernapasan



Kata-Kata Kunci

Oksidasi
Hidung
Faring
Laring
Trakea
Bronkus
Pulmo
Inspirasi
Ekspirasi
Oksigen
Karbon dioksida

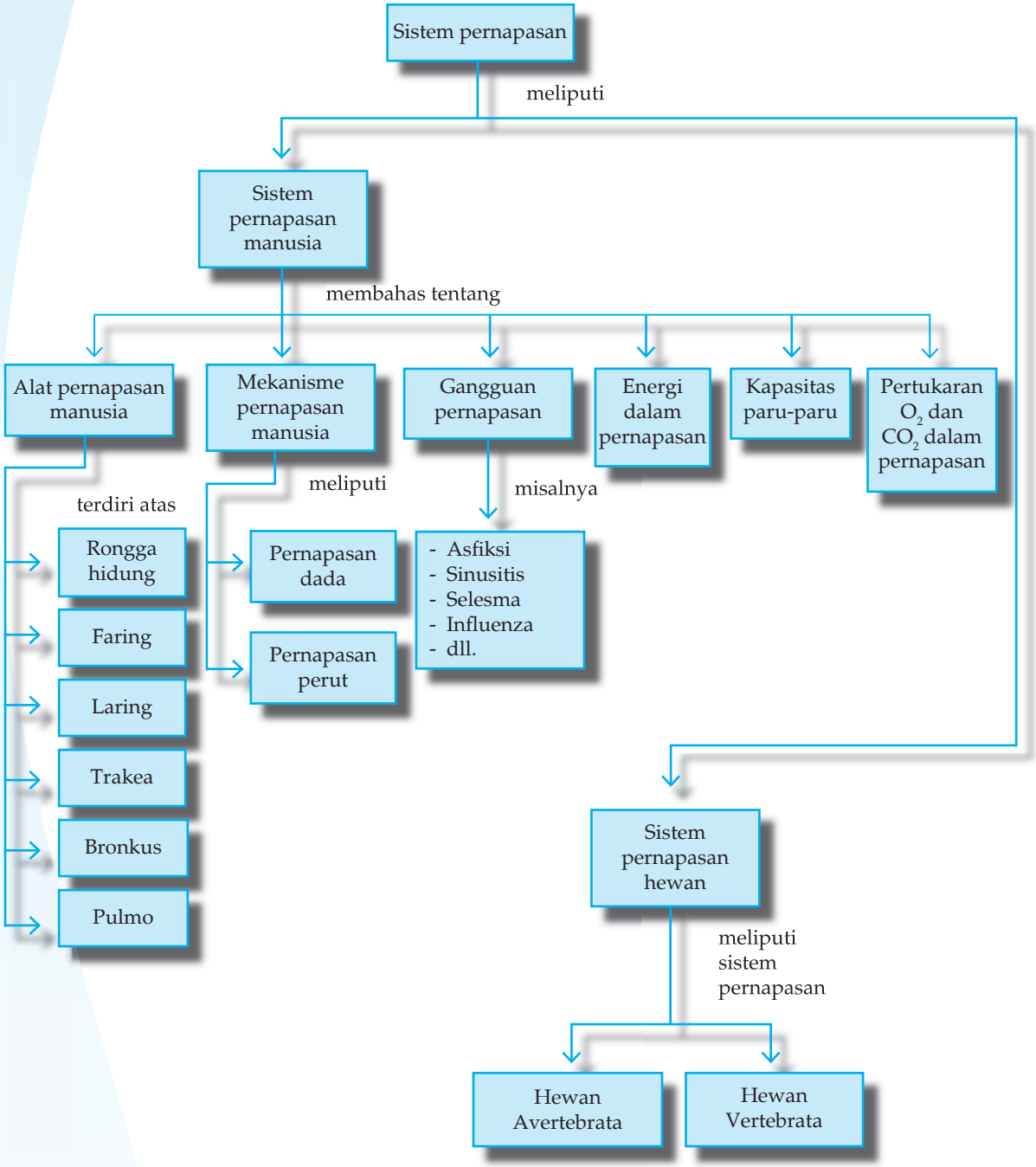
Sumber: *www.wikipedia.org, 2006.*

Bernapas merupakan salah satu ciri makhluk hidup. Makhluk hidup di dunia ini, baik hewan maupun manusia akan mati jika tidak dapat bernapas lagi. Mengapa bernapas sangat penting bagi kehidupan manusia? Sistem tubuh bagian mana sajakah yang bertanggung jawab dalam proses penapasan?

Tujuan Pembelajaran

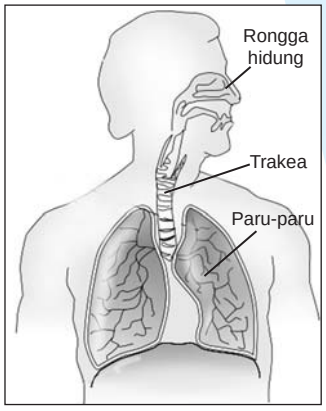
Setelah mempelajari materi yang terdapat dalam bab ini diharapkan siswa mampu menjelaskan keterkaitan antara struktur, fungsi, dan proses yang terjadi pada sistem pernapasan pada manusia dan hewan, serta mengetahui kelainan atau penyakit pada sistem pernapasan.

Peta Konsep


Sistem pernapasan
meliputi
Sistem pernapasan manusia
membahas tentang
Alat pernapasan manusia
Mekanisme pernapasan manusia
Gangguan pernapasan
Energi dalam pernapasan
Kapasitas paru-paru
Pertukaran O_2 dan CO_2 dalam pernapasan
terdiri atas
meliputi
misalnya
Rongga hidung
Faring
Laring
Trakea
Bronkus
Pulmo
Pernapasan dada
Pernapasan perut
- Asfiksi
- Sinusitis
- Selesma
- Influenza
- dll.
Sistem pernapasan hewan
meliputi sistem pernapasan
Hewan Avertebrata
Hewan Vertebrata

A. Pendahuluan

Sebagai makhluk hidup, kita masih hidup sampai saat ini karena setiap saat selalu bernapas menghirup udara. Apa jadinya jika di dunia ini Tuhan tidak memberikan udara? Pasti makhluk hidup tidak akan ada karena tidak bisa melakukan proses pernapasan. Dalam kegiatan ini, kalian akan belajar mengenai sistem pernapasan dan bagian-bagiannya. Kalian juga akan mempelajari mengapa sistem ini sangat penting bagi kehidupan manusia.



Sumber: *www.wikipedia.org, 2006.*

Gambar 6.1 *Sistem pernapasan manusia.*

Pernapasan adalah proses pertukaran gas antara makhluk hidup dengan lingkungannya. Dalam proses pernapasan, oksigen merupakan zat kebutuhan utama. Oksigen untuk pernapasan diperoleh dari lingkungan sekitar. Oksigen diperlukan untuk oksidasi (pembakaran) zat makanan, yaitu gula (glukosa). Proses oksidasi makanan bertujuan untuk menghasilkan energi. Energi yang dihasilkan digunakan untuk aktivitas hidup, misalnya pertumbuhan, mempertahankan suhu tubuh, pembakaran sel-sel tubuh, dan kontraksi otot. Selain menghasilkan energi, pernapasan juga menghasilkan karbon dioksida, dan uap air.

B. Sistem Pernapasan Manusia

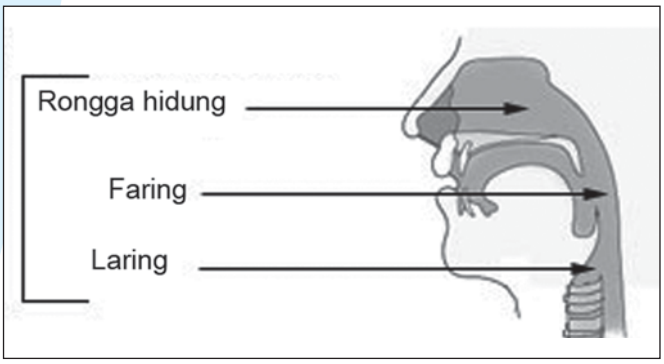
Proses pernapasan pada manusia berjalan tidak secara langsung, artinya udara tidak berdifusi langsung masuk ke dalam sel tubuh melalui permukaan kulit. Udara masuk ke dalam tubuh melalui saluran pernapasan. Berikut ini akan dijelaskan alat-alat pernapasan dan mekanismenya.

1. *Alat Pernapasan*

Alat pernapasan adalah alat atau bagian tubuh tempat O_2 dapat berdifusi masuk dan sebaliknya CO_2 dapat berdifusi keluar pada respirasi aerob. Alat pernapasan pada manusia terdiri atas rongga hidung, faring (tekak), laring (pangkal tenggorokan), bronkus (cabang batang tenggorokan), dan pulmo (paru-paru).

a. Rongga hidung (cavum nasalis)

Udara dari luar akan masuk lewat rongga hidung (*cavum nasalis).* Rongga hidung berlapis selaput lendir. Selaput lendir berfungsi menangkap benda asing yang masuk lewat saluran pernapasan. Selain itu, terdapat juga rambut pendek dan tebal yang berfungsi menyaring partikel kotoran yang masuk bersama udara. Juga terdapat *konka* yang mempunyai banyak kapiler darah yang berfungsi menghangatkan udara yang masuk. Jadi, rongga hidung berfungsi untuk: menyaring udara, melembapkan udara, dan memanaskan udara.



Sumber: www.wikipedia.org, 2006.

Gambar 6.2 *Rongga hidung.*

Tindak Lanjut

Terkadang kita menghirup udara menggunakan mulut. Tetapi hal tersebut tidak berlangsung terus-menerus. Carilah informasi dari internet, buku, atau surat kabar tentang saat-saat manusia memerlukan mulut untuk bernapas! Adakah bahayanya, apabila kita bernapas dengan mulut terus-menerus? Kumpulkan hasilnya pada guru kalian!

b. Faring (tekak)

Udara dari rongga hidung masuk ke faring. Faring berbentuk seperti tabung corong, terletak di belakang rongga hidung dan mulut, dan tersusun dari otot rangka. Faring berfungsi sebagai jalannya udara dan makanan. Faring merupakan percabangan 2 saluran, yaitu saluran pernapasan *(nasofaring)* pada bagian depan dan saluran pencernaan *(orofaring)* pada bagian belakang.

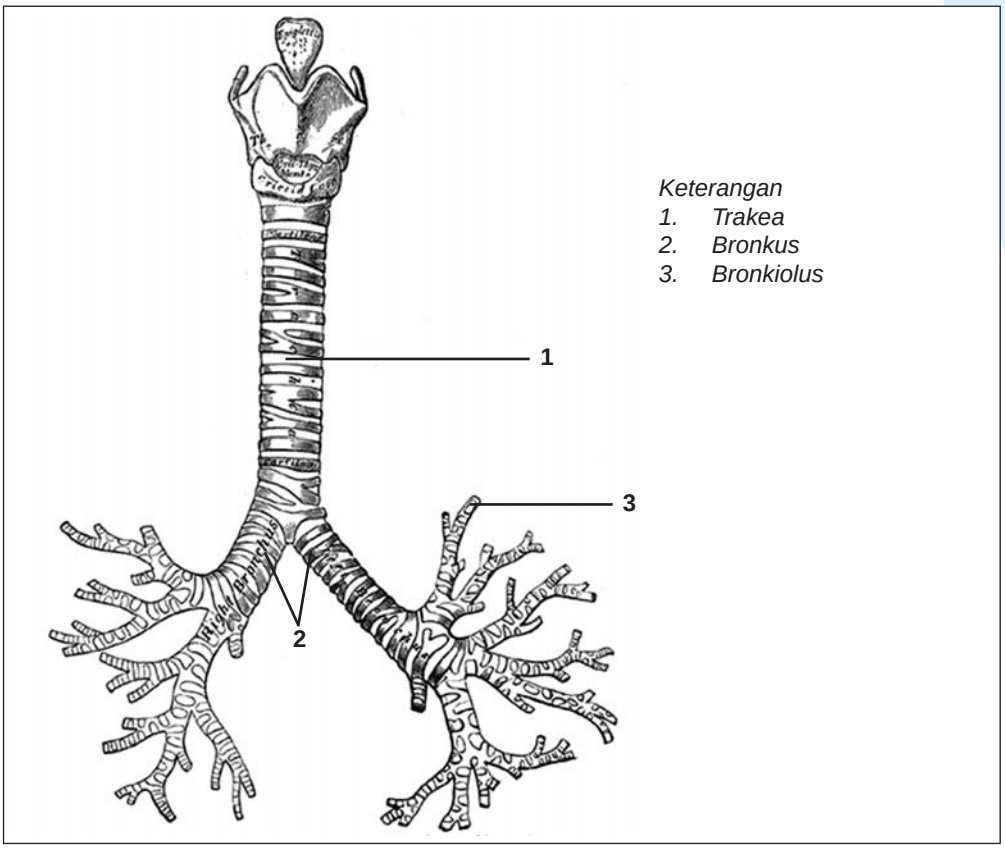
c. Laring (pangkal tenggorokan)

Laring terletak antara faring dan trakea. Laring tersusun atas sembilan buah tulang rawan. Bagian dalam dindingnya digerakkan oleh otot untuk menutup serta membuka glotis. Glotis adalah lubang mirip celah yang menghubungkan trakea dengan faring. Laring memiliki katup yang disebut epiglotis. Pada saat menelan makanan, epiglotis tertutup sehingga makanan tidak masuk ke tenggorokan tetapi menuju kerongkongan. Makan sambil berbicara dapat mengakibatkan makanan masuk ke saluran pernapasan karena saluran pernapasan pada saat tersebut sedang terbuka. Walaupun demikian, saraf kita akan mengatur agar peristiwa menelan, bernapas, dan berbicara tidak terjadi bersamaan sehingga mengakibatkan gangguan kesehatan.

Di dalam laring, selain terdapat epiglotis juga ditemukan adanya pita suara. Masuknya udara melalui faring akan menyebabkan pita suara bergetar dan terdengar sebagai suara.

d. Tenggorokan (trakea)

Tenggorokan berupa pipa yang panjangnya ± 10 cm, terletak sebagian di leher dan sebagian di rongga dada. Dinding tenggorokan tipis dan kaku, dikelilingi oleh cincin tulang rawan, dan pada bagian dalam rongga bersilia. Silia-silia ini berfungsi menyaring benda-benda asing yang masuk ke saluran pernapasan.



Sumber: *www.wikipedia.org, 2006.*

Gambar 6.3 *Trakea.*

e. Cabang-cabang tenggorokan (bronkus)

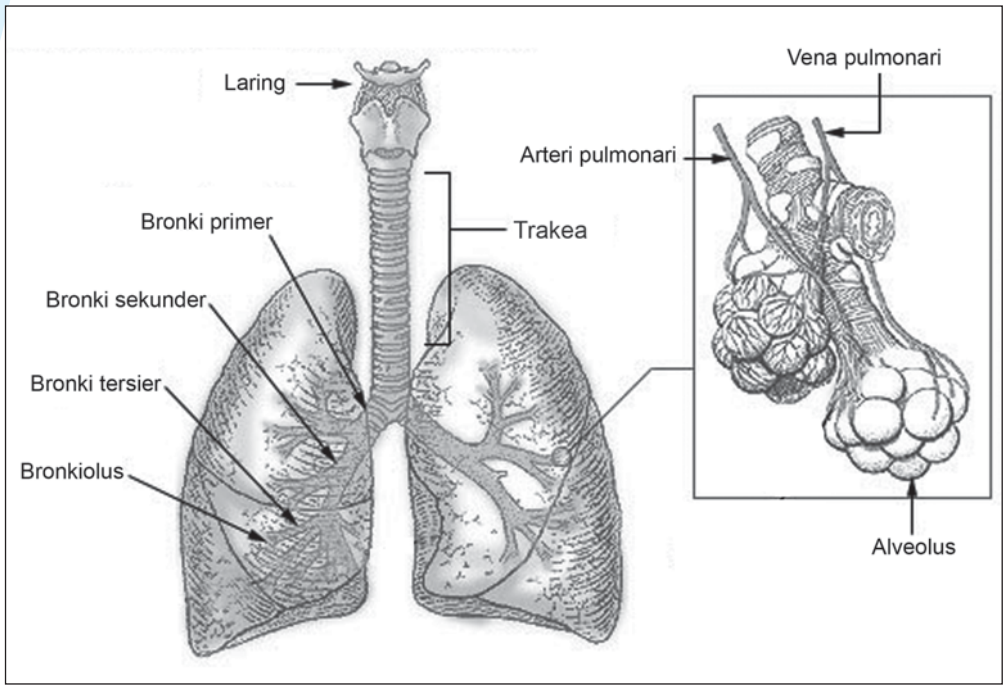
Tenggorokan (trakea) bercabang menjadi dua bagian, yaitu bronkus kanan dan bronkus kiri. Struktur lapisan mukosa bronkus sama dengan trakea, hanya tulang rawan bronkus bentuknya tidak teratur dan pada bagian bronkus yang lebih besar cincin tulang rawannya melingkari lumen dengan sempurna. Bronkus bercabang-cabang lagi menjadi bronkiolus. Dinding bronkiolus tipis dan tidak bertulang rawan.

f. Paru-paru (pulmo)

Paru-paru terletak di dalam rongga dada bagian atas. Di bagian samping paru-paru dibatasi oleh otot dan rusuk, sedangkan di bagian bawah dibatasi oleh diafragma yang berotot kuat. Diafragma adalah sekat rongga badan yang membatasi rongga dada dan rongga perut.

Paru-paru ada dua bagian yaitu paru-paru kanan (*pulmo dekster)* yang terdiri atas 3 lobus dan paru-paru kiri (*pulmo sinister)* yang terdiri atas 2 lobus. Paru-paru dibungkus oleh dua selaput yang tipis, disebut *pleura.* Selaput bagian dalam yang langsung menyelaputi paru-paru disebut pleura dalam *(pleura visceralis)* dan selaput yang menyelaputi rongga dada yang bersebelahan dengan tulang rusuk disebut pleura luar *(pleura parietalis).*

Di dalam paru-paru terdapat bronkus dan bronkiolus. Bronkiolus bercabang-cabang menjadi pembuluh halus yang berakhir pada gelembung paru-paru yang disebut *alveolus*. Dinding alveolus sangat tipis dan elastis, serta terdiri dari satu lapis sel yang diliputi oleh pembuluh-pembuluh kapiler darah. Pada alveolus terjadi pertukaran oksigen dan karbon dioksida. Perhatikan gambar 6.4.



Sumber: *www.wikipedia.org, 2006.*

Gambar 6.4 *Paru-paru.*

2. *Mekanisme Pernapasan Manusia*

Pernapasan adalah suatu proses yang terjadi secara otomatis walau dalam keadaan tertidur sekalipun, karena sistem pernapasan dipengaruhi oleh susunan saraf otonom. Menurut tempat terjadinya pertukaran gas maka pernapasan dapat dibedakan atas 2 jenis, yaitu pernapasan luar dan pernapasan dalam.

Tindak Lanjut

Setelah kalian memahami bagian-bagian paru-paru manusia, carilah informasi dari internet, buku, dan surat kabar tentang proses pertukaran O_2 dengan CO_2 pada alveolus! Kumpulkan hasilnya pada guru kalian!

Pernapasan luar adalah pertukaran udara yang terjadi antara udara dalam alveolus dengan darah dalam kapiler. Pernapasan dalam adalah pernapasan yang terjadi antara darah dalam kapiler dengan sel-sel tubuh. Masuk keluarnya udara dalam paru-paru dipengaruhi oleh perbedaan tekanan udara dalam rongga dada dengan tekanan udara di luar tubuh. Jika tekanan di luar rongga dada lebih besar, maka udara akan masuk. Sebaliknya, apabila tekanan dalam rongga dada lebih besar maka udara akan keluar.

Sehubungan dengan organ yang terlibat dalam pemasukkan udara *(inspirasi)* dan pengeluaran udara *(ekspirasi)* maka mekanisme pernapasan dibedakan atas dua macam, yaitu pernapasan dada dan pernapasan perut. Pernapasan dada dan perut terjadi secara bersamaan.

a. *Pernapasan Dada*

Pernapasan dada adalah pernapasan yang melibatkan otot antartulang rusuk. Mekanismenya dapat dibedakan sebagai berikut.

1). Fase inspirasi

Fase ini berupa berkontraksinya otot antartulang rusuk sehingga rongga dada mengembang. Pengembangan rongga dada menyebabkan volume paru-paru juga mengembang akibatnya tekanan dalam rongga dada menjadi lebih kecil daripada tekanan di luar sehingga udara luar yang kaya oksigen masuk.

2) Fase ekspirasi

Fase ini merupakan fase relaksasi atau kembalinya otot antartulang rusuk ke posisi semula yang dikuti oleh turunnya tulang rusuk sehingga rongga dada menjadi kecil. Rongga dada yang mengecil menyebabkan volume paru-paru juga mengecil sehingga tekanan di dalam rongga dada menjadi lebih besar daripada tekanan luar. Hal tersebut menyebabkan udara dalam rongga dada yang kaya karbon dioksida keluar.

Biologi Kita

Paru-Paru Luasnya 50 Kali Luas Kulit

Paru-paru kita didesain penuh rongga-rongga yang disebut alveoli. Di alveoli inilah terjadi penyerapan oksigen oleh darah, sekaligus terjadi pertukaran antara udara kotor (CO_2) dengan oksigen. Tiap paru-paru mengandung 300 juta – 400 juta alveoli. Dengan jumlah ini, total luas permukaan alveoli menjadi sekitar 93 m^2. Jumlah ini sama dengan 50 kali luas kulit manusia.
Orang dewasa normal bernapas 14 – 20 kali per menit, tapi saat berolah raga bisa mencapai 80 kali tarikan napas per menit. Jumlah udara normal yang dapat diserap oleh paru-paru dalam sekali napas mencapai setengah liter, namun jumlah maksimal kapasitas paru-paru bisa mencapai 4,8 liter.

Sumber: Ar-risalah, November 2006.

b. *Pernapasan Perut*

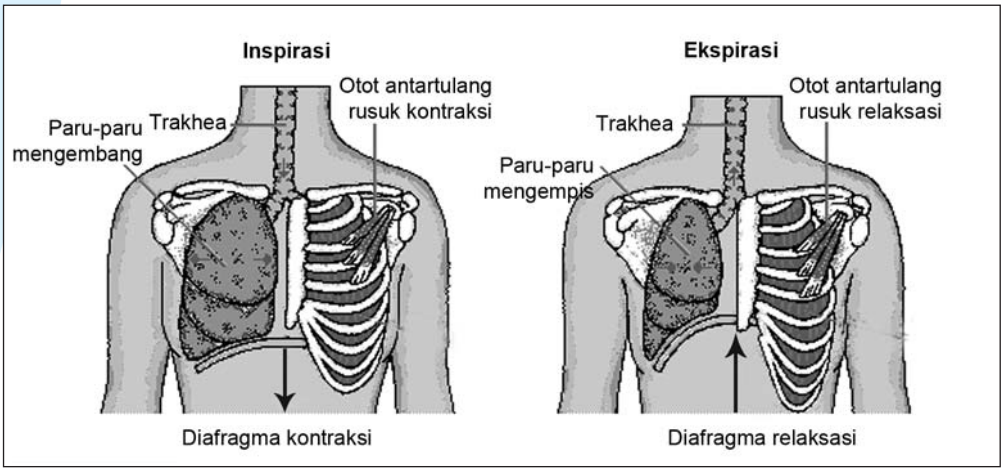
Pernapasan perut merupakan pernapasan yang mekanismenya melibatkan aktivitas otot-otot diafragma yang membatasi rongga perut dan rongga dada. Mekanisme pernapasan perut dapat dibedakan menjadi dua fase, yakni:

1) Fase inspirasi

Fase inspirasi merupakan kontraksi *otot diafragma* sehingga mengembang, akibatnya paru-paru ikut mengembang. Hal tersebut menyebabkan rongga dada membesar dan tekanan udara di dalam paru-paru lebih kecil daripada tekanan udara luar sehingga udara luar dapat masuk ke dalam.

2) Fase ekspirasi

Fase ekspirasi merupakan fase relaksasi otot diafragma (kembali ke posisi semula) sehingga rongga dada mengecil dan tekanan udara di dalam paru-paru lebih besar daripada tekanan udara luar, akibatnya udara keluar dari paru-paru.



Sumber: *Microsoft Encarta, 2005.*

Gambar 6.5 *Mekanisme inspirasi dan ekspirasi pada manusia.*

3. *Kapasitas Paru-Paru*

Kapasitas paru-paru adalah kemampuan paru-paru menampung udara pernapasan. Kapasitas paru-paru dapat diuraikan sebagai berikut:

a. *Udara tidal,* yaitu udara yang keluar masuk paru-paru pada saat pernapasan biasa. Jumlah volume udaranya sebesar 500 ml.
b. *Udara komplementer,* yaitu udara yang masih dapat dihirup setelah inspirasi biasa. Besar volume udaranya sekitar 1,5 liter.
c. *Udara suplementer,* yaitu udara yang masih dapat dikeluarkan setelah melakukan ekspirasi biasa. Besar volume udaranya sekitar 1,5 liter.
d. *Kapasitas vital paru-paru*, yaitu kemampuan paru-paru untuk melakukan respirasi sekuat-kuatnya atau merupakan jumlah udara tidal, udara komplementer, dan udara suplementer. Jadi besarnya volume kapasitas vital paru-paru kurang lebih 4 liter.
e. *Udara residu,* yaitu udara yang masih terdapat di dalam paru-paru setelah melakukan respirasi sekuat-kuatnya. Jumlahnya kurang lebih 500 ml.
f. *Kapasitas total paru-paru,* yaitu seluruh udara yang dapat ditampung oleh paru-paru.

Dalam keadaan normal, volume udara paru-paru manusia mencapai 4.500 cc. Udara ini dikenal sebagai *kapasitas total* udara pernapasan manusia. Walaupun demikian, kapasitas vital udara yang digunakan dalam proses bernapas mencapai 3.500 cc, yang 1.000 cc merupakan sisa udara yang tidak dapat digunakan tetapi senantiasa mengisi bagian paru-paru sebagai *residu* atau *udara sisa.* Kapasitas vital setiap orang berbeda-beda. Kapasitas vital dapat kalian rasakan saat kalian menghirup napas sedalam mungkin dan kemudian menghembuskanya sekuat mungkin. Cara mengukurnya dapat dilakukan dengan alat spirometer. Spirometer merupakan alat pengukur kapasitas paru-paru seseorang. Perhatikan gambar 6.6. Spirometer yang konvensional terbuat seperti tangki yang memiliki selang. Seseorang yang ingin mengetahui kapasitas paru-parunya dapat menghembuskan napas pada

selang. Pada alat yang lebih modern, spirometer telah dihubungkan dengan komputer.



Sumber: www.wikipedia.org, 2006.
Gambar 6.6 Spirometer.

Dalam keadaan normal, kegiatan inspirasi dan ekspirasi dalam bernapas hanya menggunakan sekitar 500 cc volume udara pernapasan (kapasitas tidal ± 500 cc). *Kapasitas tidal* adalah jumlah udara yang keluar masuk paru-paru pada pernapasan normal. Dalam keadaan luar biasa, inspirasi maupun ekspirasi menggunakan sekitar 1.500 cc udara pernapasan (*expiratory reserve volume* = *inspiratory reserve volume* = 1.500 cc). Dengan demikian, udara yang digunakan dalam proses pernapasan memiliki volume antara 500 cc hingga sekitar 3.500 cc. Dari 500 cc udara inspirasi/ekspirasi biasa, hanya sekitar 350 cc udara yang mencapai alveolus, sedangkan sisanya mengisi saluran pernapasan.

Besarnya volume udara pernapasan tersebut dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain ukuran alat pernapasan, kemampuan dan kebiasaan bernapas, serta kondisi kesehatan.

4. Pertukaran O_2 dan CO_2 dalam Pernapasan

Jumlah oksigen yang diambil melalui udara pernapasan tergantung pada kebutuhan dan hal tersebut biasanya dipengaruhi oleh jenis pekerjaan, ukuran tubuh, serta jumlah maupun jenis bahan makanan yang dimakan. Pekerja-pekerja berat termasuk atlit lebih banyak membutuhkan oksigen dibanding pekerja ringan. Hal ini karena pekerja berat lebih banyak memerlukan energi sehingga untuk menghasilkan energi yang banyak, tubuh membutuhkan oksigen yang banyak pula untuk membakar bahan sumber energi. Demikian juga seseorang yang memiliki ukuran tubuh lebih besar, dengan sendirinya membutuhkan oksigen lebih banyak. Seseorang yang memiliki kebiasaan memakan lebih banyak daging akan membutuhkan lebih banyak oksigen daripada seseorang yang memakan sayur-sayuran.

Dalam keadaan biasa, manusia membutuhkan sekitar 300 cc oksigen sehari (24 jam) atau sekitar 0,5 cc tiap menit. Kebutuhan tersebut berbanding lurus dengan volume udara inspirasi dan ekspirasi biasa, kecuali dalam keadaan tertentu saat konsentrasi oksigen udara inspirasi berkurang atau karena hal lain, misalnya konsentrasi hemoglobin darah berkurang.

Di dalam proses pertukaran O_2 dan CO_2, oksigen yang dibutuhkan berdifusi masuk ke darah dalam kapiler darah yang menyelubungi alveolus. Selanjutnya, sebagian besar oksigen diikat oleh zat warna darah atau pigmen darah (hemoglobin) untuk diangkut ke sel-sel jaringan tubuh.

Secara sederhana, pengikatan oksigen oleh hemoglobin dapat diperlihatkan menurut persamaan reaksi bolak-balik berikut ini:

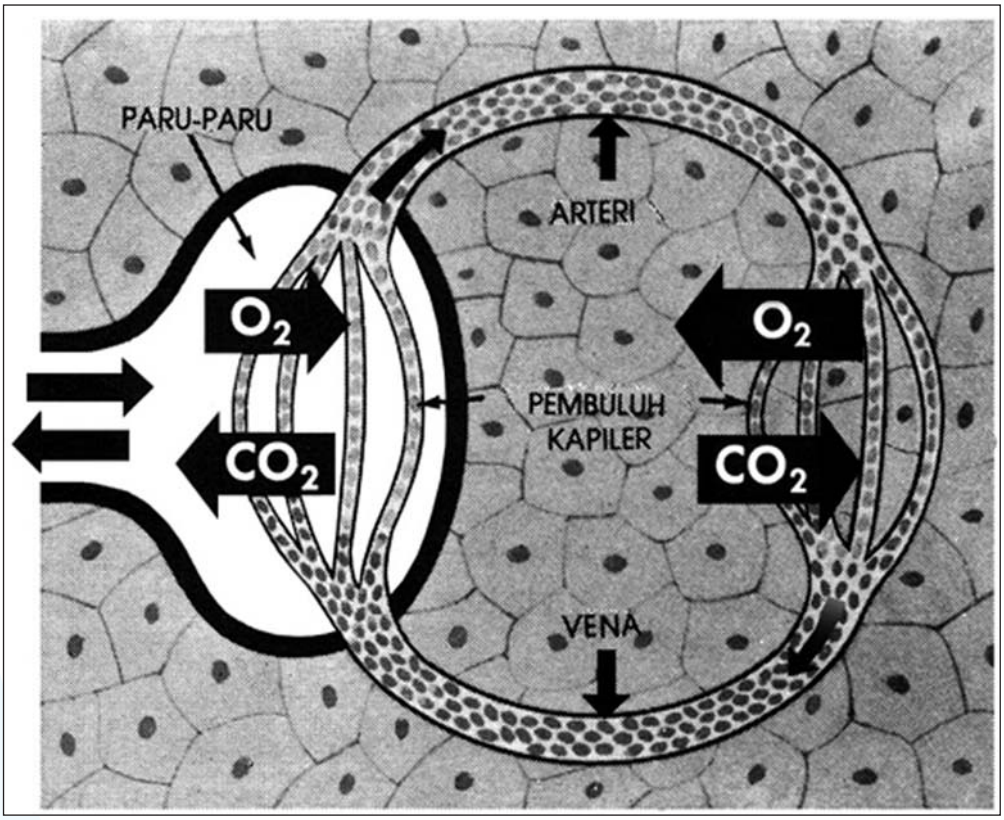
Netral
O_2 tinggi, CO_2 rendah

Hb + $4O_2$
Hemoglobin

$Hb(O_2)_4$
(oksihemoglobin)
berwarna merah jernih

Asam (jaringan)
CO_2 tinggi, O_2 rendah

Reaksi di atas dipengaruhi oleh kadar O_2, kadar CO_2, tekanan O_2 ($P\ O_2$), perbedaan kadar O_2 dalam jaringan, dan kadar O_2 di udara. Proses difusi oksigen ke dalam arteri demikian juga difusi CO_2 dari arteri dipengaruhi oleh tekanan O_2 dalam udara inspirasi.



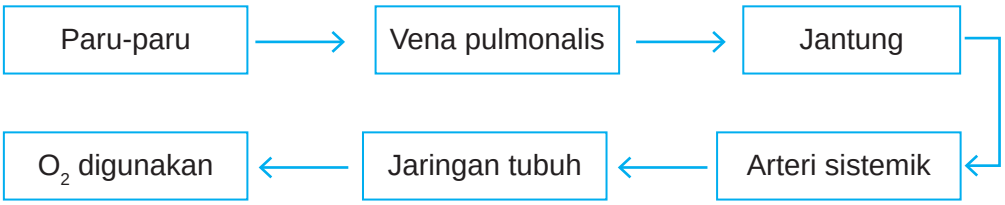
Sumber: *Ilmu Pengetahuan Populer Jilid 8, 2004, Hal. 129.*

Gambar 6.7 *Proses pengikatan oksigen.*

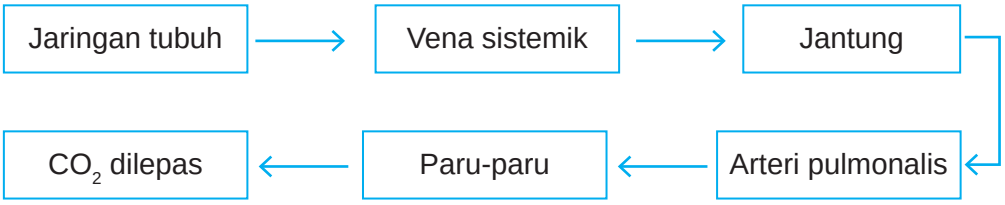
Tekanan seluruh udara lingkungan sekitar 1 atmosfer atau 760 mm Hg, sedangkan tekanan O_2 di lingkungan sekitar 160 mm Hg. Tekanan oksigen di lingkungan lebih tinggi daripada tekanan oksigen dalam alveolus paru-paru dan arteri yang hanya 104 mm Hg. Oleh karena itu, oksigen dapat masuk ke paru-paru secara difusi.

Dari paru-paru, O_2 akan mengalir lewat vena pulmonalis yang tekanan O_2 -nya 104 mm Hg; menuju ke jantung. Dari jantung, O_2 mengalir lewat arteri sistemik yang tekanan O_2 -nya 104 mm Hg menuju ke jaringan tubuh yang tekanan O_2 -nya 0 - 40 mm Hg. Di jaringan, O_2 ini akan dipergunakan. Dari jaringan, CO_2 akan mengalir melalui vena sistemik ke jantung. Tekanan CO_2 di jaringan di atas 45 mm Hg, lebih tinggi dibandingkan vena sistemik yang hanya 45 mmHg. Dari jantung, CO_2 mengalir lewat arteri pulmonalis yang tekanan O_2 -nya sama, yaitu 45 mm Hg. Dari arteri pulmonalis, CO_2 masuk ke paru-paru lalu dilepaskan ke udara bebas. Untuk lebih jelasnya perhatikan skema berikut.

Perjalanan O_2



Perjalanan CO_2



Berapa minimal darah yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan oksigen pada jaringan? Setiap 100 mm^3 darah dengan tekanan oksigen 100 mm Hg dapat mengangkut 19 cc oksigen. Bila tekanan oksigen hanya 40 mm Hg maka hanya ada sekitar 12 cc oksigen yang bertahan dalam darah vena. Dengan demikian kemampuan hemoglobin untuk mengikat oksigen adalah 7 cc per 100 mm^3 darah.

Pengangkutan sekitar 200 mm^3 CO_2 ke luar tubuh umumnya berlangsung menurut reaksi kimia berikut:

$$CO_2 + H_2O \xrightarrow[(karbonat\ anhidrase)]{} H_2CO_3$$

Tiap liter darah hanya dapat melarutkan 4,3 cc CO_2 sehingga memengaruhi pH darah menjadi 4,5 karena terbentuknya asam karbonat yang menyebabkan darah bersifat asam. Keasaman tersebut dinetralkan oleh ion-ion natrium dan kalium dalam darah.

Pengangkutan CO_2 oleh darah dapat dilaksanakan melalui 3 cara, yakni sebagai berikut:

a. Karbon dioksida larut dalam plasma, dan membentuk asam karbonat dengan enzim anhidrase (7% dari seluruh CO_2).
b. Karbon dioksida terikat pada hemoglobin dalam bentuk karbomino hemoglobin (23% dari seluruh CO_2).
c. Karbon dioksida terikat dalam gugus ion bikarbonat (HCO_3) melalui proses berantai pertukaran klorida (70% dari seluruh CO_2). Reaksinya adalah sebagai berikut:

$$CO_2 + H_2O \longrightarrow H_2CO_3 \longrightarrow H^+ + HCO_3^-$$

Gangguan terhadap pengangkutan CO_2 dapat mengakibatkan munculnya gejala asidosis karena turunnya kadar basa dalam darah. Hal tersebut dapat disebabkan karena keadaan *pneumoni*. Sebaliknya apabila terjadi akumulasi garam basa dalam darah maka muncul *gejala alkalosis*.

5. *Energi dalam Pernapasan*

Energi yang digunakan dalam kegiatan respirasi bersumber dari ATP (Adenosin Tri Fosfat) yang ada pada masing-masing sel. ATP berasal dari bahan-bahan karbohidrat yang diubah menjadi fosfat melalui tiga tahapan. Mula-mula, pada tahap I proses glikolisis oleh enzim glukokinase membentuk piruvat pada siklus glukosa. Kemudian tahap II, yakni siklus Krebs *(TCA = Tri Carboxylic Acid Cycle)*. Kemudian tahap III, yakni tahap sistem transpor elektron. Glikolisis terjadi di sitoplasma, sedangkan siklus Krebs dan sistem transpor elektron terjadi di mitokondria.

6. *Gangguan pada Pernapasan*

Beberapa gangguan pada sistem pernapasan disebabkan gangguan pada alat-alat pernapasan. Gejala umum adanya gangguan pada saluran pernapasan ditandai dengan batuk.

a. *Asfiksi*, yaitu gangguan pada sistem pernapasan yang disebabkan karena terganggunya pengangkutan O_2 ke sel-sel atau jaringan tubuh. Asfiksi ada bermacam-macam, misalnya terisinya alveolus dengan cairan limfa karena infeksi *Diplococcus pneumonia* atau *Pneumococcus* yang menyebabkan penyakit pneumonia. Asfiksi dapat pula disebabkan karena penyumbatan saluran pernapasan oleh kelenjar limfa, misalnya polip, amandel, dan adenoid.
 Pada orang yang tenggelam, alveolusnya terisi air sehingga difusi oksigen sangat sedikit bahkan tidak ada sama sekali sehingga mengakibatkan orang tersebut shock dan pernapasannya dapat terhenti. Orang seperti itu dapat ditolong dengan mengeluarkan air dari saluran pernapasannya. Kemudian melakukan pernapasan buatan tanpa alat dengan cara dari mulut ke mulut dengan irama tertentu dengan menggunakan metode *Silvester* dan *Hilger Neelsen.*

b. *Sinusitis*, yaitu peradangan pada rongga hidung bagian atas.
c. *Selesma*, suatu keadaan di mana hidung tersumbat, ingus mengalir, bersin-bersin, serta tenggorokan terasa gatal. Selesma disebabkan oleh infeksi virus pada saluran pernapasan atas.
d. *Flu* (*influenza*), suatu keadaan di mana hidung beringus, bersin-bersin, tenggorokan meradang, sakit kepala, demam, otot terasa sakit dan lelah. Influenza disebabkan oleh infeksi virus pada saluran pernapasan atas.
e *Bronkitis*, yaitu peradangan pada lapisan dinding bronkus (cabang tenggorok) yang disebabkan oleh infeksi virus. Peradangan ini menimbulkan batuk yang dalam, menghasilkan dahak berwarna abu-abu kekuningan dari paru-paru.
f. *Asma*, yaitu penyempitan saluran pernapasan utama pada paru-paru. Asma merupakan penyakit keturunan dan tidak menular. Penyebab atau pemicu serangan asma umumnya karena reaksi alergi terhadap kondisi lingkungan, misalnya debu, bahan-bahan kimia, serbuk sari, jamur, hawa dingin, dan serpihan kulit mati dari hewan.
g. *Tuberkulosis* (TBC), yaitu penyakit yang menyerang paru-paru sehingga pada bagian dalam alveolus terbentuk bintil-bintil karena terjadi peradangan pada dinding alveolus. TBC disebabkan oleh infeksi bakteri *Mycobacterium tuberculosis.*
h. *Pneumonia*, yaitu suatu peradangan pada paru-paru khususnya pada alveolus yang disebabkan oleh bakteri, virus, atau jamur. Akibat peradangan tersebut, alveolus dipenuhi nanah, lendir, atau cairan lainnya sehingga oksigen sulit mencapai aliran darah.
i. *Pleuritis*, yaitu suatu peradangan pada selaput pembungkus paru-paru (pleura). Peradangan ini biasanya timbul akibat infeksi dari paru-paru atau organ lain yang berdekatan dengan paru-paru. Akibat peradangan ini, terdapat cairan yang berlebihan pada pleura sehingga penderitanya akan merasa nyeri dada ketika bernapas.
j. *Emfisema*, yaitu penyakit pernapasan yang sering terjadi karena susunan dan fungsi alveolus yang abnormal.

Oleh karena itu, paru-paru harus dirawat dengan baik. Walaupun tampak tidak bekerja keras karena hanya mengembang dan mengempis, tanpa organ tubuh ini seseorang akan kehilangan nyawanya dalam beberapa menit saja.

Jenis olahraga yang baik adalah olahraga yang dapat membuat pernapasan lebih cepat dan lebih dalam. Lakukan pembersihan darah pada paru-paru beberapa kali dalam sehari. Pembersihan darah dapat dilakukan dengan menarik napas dalam-dalam lalu hembuskan kembali sampai habis. Walaupun kelihatannya sangat sederhana, latihan ini dapat menambah semangat dan energi.

Tindak Lanjut

Buatlah skema siklus glikolisis, siklus Krebs dan tahap transpor elektron! Jelaskan hubungan ketiga tahap tersebut dengan penyediaan energi pada pernapasan. Kumpulkan hasilnya pada guru kalian!

Biologi Kita

Bahaya Merokok

Mungkin kalian sudah tahu bahwa menghisap asap rokok orang lain di dekat kalian lebih berbahaya daripada bagi si perokok itu sendiri. Apabila kalian menghisap asap rokok, maka akan menyebabkan gangguan kesehatan, karena asap rokok mengandung banyak zat-zat berbahaya antara lain, Tar: merupakan bahan kimia beracun yang menyebabkan kanker dan merusak paru-paru; Karbon monoksida (CO): gas beracun yang dapat mengakibatkan berkurangnya kemampuan darah membawa oksigen; Nikotin: obat perangsang yang dapat merusak jantung dan sirkulasi darah yang menyebabkan kecanduan. Para ilmuwan telah membuktikan bahwa zat-zat kimia yang dikandung asap rokok dapat memengaruhi orang-orang yang tidak merokok di sekitarnya, sehingga perokok pasif dapat meningkatkan risiko penyakit kanker paru-paru dan jantung koroner.

Adapun gejala-gejala ganguan kesehatan yang ditimbulkan antara lain: sakit kepala, pusing, sakit tenggorokan, batuk, dan sesak napas. Wanita hamil yang merokok atau menjadi perokok pasif, juga dapat menyalurkan zat-zat beracun dari asap rokok kepada janin melalui peredaran darah. Nikotin menyebabkan denyut jantung janin bertambah cepat, karbon monoksida menyebabkan berkurangnya oksigen yang diterima janin. Anak-anak yang orang tuanya merokok menghadapi kemungkinan lebih besar untuk menderita sakit dada, infeksi telinga, hidung, dan tenggorokan sehingga mereka mempunyai kemungkinan dua kali lipat untuk dirawat di rumah sakit pada tahun pertama kehidupan mereka.

Sumber: www.ngebul.blogspot.com. 8 Desember 2004.

Kegiatan 6.1

Kapasitas Paru-Paru

Tujuan: memahami kapasitas paru-paru dan faktor-faktor yang memengaruhinya.

Alat dan Bahan:

1. Baskom
2. Selang plastik
3. Tabung reaksi
4. Syringe
5. Air

Langkah Kerja:

1. Isilah baskom dengan air!
2. Letakkan tabung reaksi secara terbalik dalam baskom yang telah berisi air. Pasang selang pada mulut tabung!
3. Tarik napas kuat dan masukkan ujung selang lainnya ke dalam mulut, kemudian hembuskan napas kuat-kuat!

4. Pasangkan ujung selang pada syringe. Tarik piston dan ukurlah volume udara yang tertampung. Volume udara yang tertampung merupakan kapasitas paru-paru kalian!
5. Lakukan secara bergantian dengan teman kalian!

Pertanyaan:
1. Apakah kapasitas paru-paru setiap orang berbeda-beda?
2. Apakah tinggi, berat badan, dan jenis kelamin seseorang memengaruhi kapasitas paru-paru seseorang?

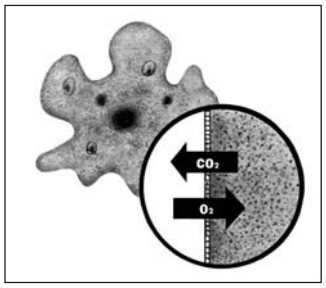
C. Alat Pernapasan pada Hewan

Hewan memiliki alat pernapasan yang bermacam-macam, disesuaikan dengan perkembangan struktur tubuh dan tempat hidupnya. Alat-alat pernapasan berperan dalam proses pemasukan oksigen dari lingkungan luar ke dalam tubuh serta pengeluaran karbon dioksida dari tubuh ke lingkungan luar.

Berikut ini akan diuraikan sistem dan alat pernapasan pada berbagai kelompok organisme mulai dari Protozoa sampai dengan hewan golongan vertebrata.

1. *Sistem Pernapasan pada Protozoa*

Protozoa (hewan bersel satu) tidak memiliki alat pernapasan khusus. Pernapasan dilakukan melalui seluruh permukaan selnya. O_2 dan CO_2 masuk dan keluar secara difusi. Perhatikan gambar 6.8.



Sumber: *Ilmu Pengetahuan Populer Jilid 8, 2004, Hal. 128.*

Gambar 6.8 *Skema difusi pada pernapasan Protozoa.*

2. *Sistem Pernapasan pada Avertebrata*

a. *Sistem pernapasan pada Moluska*

Hewan anggota filum Moluska terdapat dua kelompok, yaitu:

– Moluska yang hidup di darat, misalnya bekicot *(Achatina fulica)* bernapas dengan paru-paru.
– Moluska yang hidup di air, misalnya kerang (kelas Bivalvia) bernapas dengan insang.

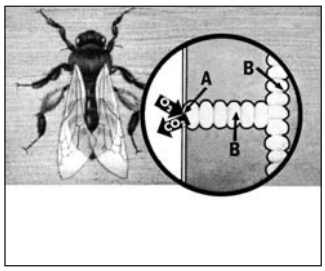
b. *Sistem pernapasan pada Echinodermata*

Hewan-hewan Echinodermata hidup di air laut, contohnya bintang laut, landak laut, dan mentimun laut. Hewan-hewan ini bernapas dengan insang dermal atau insang kulit.

d. Sistem pernapasan pada Arthropoda

Filum Arthropoda meliputi 4 kelas, yaitu:

- Crustacea (golongan udang dan kepiting) bernapas dengan insang.
- Myriapoda (golongan lipan dan luwing) bernapas dengan trakea.
- Arachnida (golongan laba-laba dan kalajengking) bernapas dengan paru-paru buku.
- Insekta (golongan serangga) bernapas dengan trakea.



Sumber: *Ilmu Pengetahuan Populer, Jilid 8, 2004, Hal. 128.*

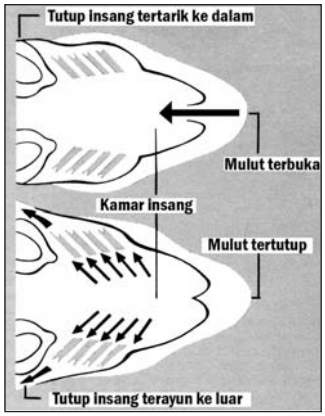
Gambar 6.9 *Sistem pernapasan serangga.*

Pada pernapasan dengan trakea, udara masuk melalui stigma/spirakel yang terletak pada setiap ruas tubuh serangga menuju ke pembuluh trakea yang bercabang-cabang sampai ke pembuluh halus yang mencapai seluruh bagian tubuh. Pada Insekta, oksigen tidak diedarkan oleh darah. Darah hanya berfungsi mengedarkan sari-sari makanan dan hormon. Begitu juga CO_2 keluar dari tubuh melalui pembuluh trakea menuju stigma hingga ke lingkungan. Perhatikan gambar 6.9.

3. Sistem Pernapasan pada Vertebrata

a. Sistem pernapasan ikan

Ikan memiliki alat pernapasan berupa insang. Ikan bertulang rawan, misalnya ikan hiu dan ikan pari memiliki 5 – 7 pasang insang, pada teleostei (ikan bertulang sejati) terdapat 4 pasang dan memiliki tutup insang (operkulum), contoh pada ikan mas dan ikan mujahir. Pada beberapa jenis ikan, rongga insangnya mempunyai perluasan ke atas yang disebut *labirin* yang berfungsi untuk menyimpan udara, sehingga ikan tersebut dapat hidup di air yang kekurangan oksigen. Contoh pada ikan gabus, gurami, dan betok. Proses respirasi pada ikan adalah sebagai berikut: pada waktu mulut ikan membuka, air masuk ke dalam rongga mulut, tutup insang menutup dan air kemudian mengalir melalui insang. Air tersebut disaring terlebih dahulu oleh rigi-rigi pada lengkung insang kemudian masuk ke insang. Insang mempunyai lembaran-lembaran halus yang mengandung pembuluh-pembuluh darah. Pengikatan oksigen dan pelepasan karbon dioksida terjadi di dalam insang, oksigen diikat oleh eritrosit sedang CO_2 meninggalkan darah dan larut dalam air.



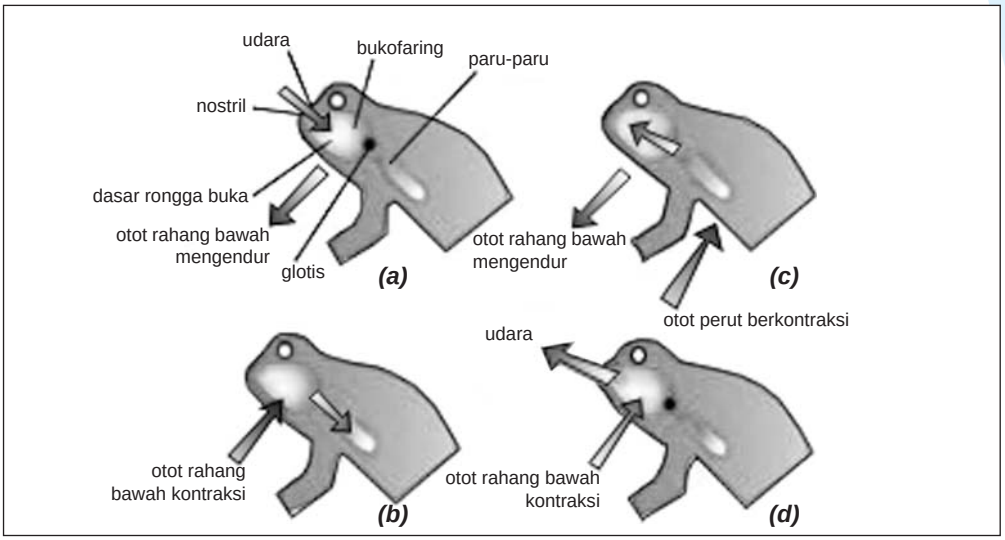
Sumber: *Ilmu Pengetahuan Populer, Jilid 7, 2004, Hal. 15*

Gambar 6.10 *Mekanisme pernapasan ikan.*

b. Sistem pernapasan amfibi

Salah satu contoh hewan amfibi adalah katak. Katak pada waktu masih larva bernapas dengan insang luar, sedang pada masa berudu terbentuk insang

dalam sebagai alat pernapasan. Katak dewasa bernapas dengan paru-paru dan kulit. Mekanisme pernapasan paru-paru terdiri dari inspirasi dan ekspirasi yang berlangsung dengan mulut tertutup. Katak tidak memiliki tulang-tulang rusuk dan sekat rongga badan sehingga mekanisme pernapasannya diatur oleh otot-otot rahang bawah dan otot perut.



Sumber: *www.digilib.brawijaya.ac.id, 2007.*

Gambar 6.11 *Mekanisme pernapasan katak, (a) udara masuk rongga mulut, (b) udara masuk paru-paru, (c) udara dari paru-paru masuk ke rongga mulut, (d) udara keluar melalui koane.*

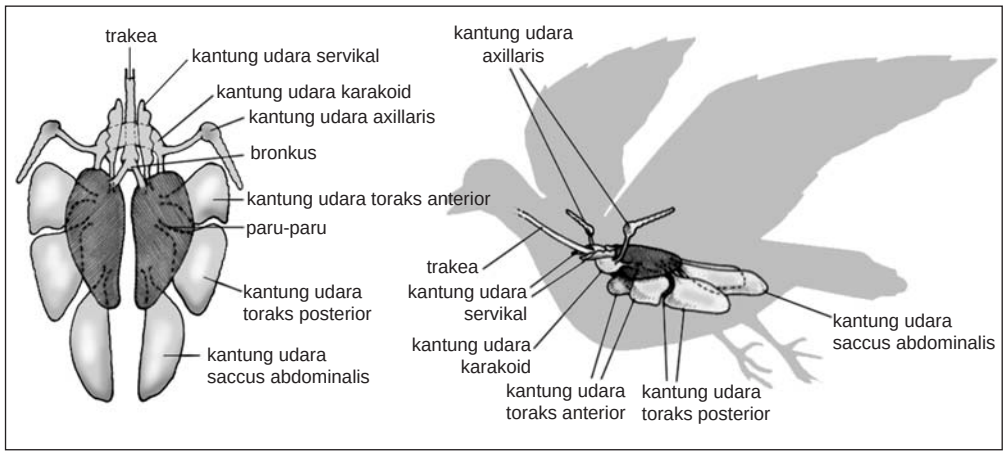
1) *Fase inspirasi*. Fase inspirasi merupakan fase masuknya udara bebas melalui celah hidung (koane) menuju rongga mulut kemudian ke paru-paru. Mula-mula celah tekak dan mulut dalam keadaan tertutup dan otot rahang bawah mengendur. Otot *sterno hioideus* berkontraksi sehingga rongga mulut membesar. Dengan membesarnya rongga mulut, kemudian udara masuk ke dalam rongga mulut dan melalui *koane*. Setelah udara masuk koane tertutup oleh suatu klep, diikuti kontraksi otot rahang bawah dan otot *genio hioideus*, sehingga rongga mulut mengecil dan udara masuk ke celah-celah yang terbuka menuju ke paru-paru. Kemudian terjadi pertukaran gas, O_2 diikat oleh eritrosit dalam kapiler dinding paru-paru.
2) *Fase ekspirasi*. Mula-mula otot rahang bawah mengendur, otot *sterno hioideus* dan otot-otot perut berkontraksi, akibatnya udara di dalam paru-paru tertekan keluar, masuk ke dalam rongga mulut. Celah tekak menutup dan koane membuka, otot rahang bawah berkontraksi diikuti otot hioideus sehingga rongga mulut mengecil dan udara dari paru-paru (CO_2) keluar melalui koane.

c. Sistem pernapasan pada reptil

Reptilia memiliki alat pernapasan berupa paru-paru. Pada kura-kura selain dengan paru-paru, pengambilan oksigen dibantu oleh lapisan kulit tipis dengan banyak kapiler darah yang ada di sekitar kloaka. Mekanisme respirasi adalah sebagai berikut:

1) *Fase inspirasi*: otot tulang rusuk berkontraksi sehingga rongga dada membesar yang diikuti paru-paru mengembang, akibatnya udara dari luar masuk melalui lubang hidung, trakea, bronkus, dan paru-paru.
2) *Fase ekspirasi*: otot tulang rusuk relaksasi sehingga rongga dada dan paru-paru mengecil, akibatnya udara dari paru-paru keluar melalui paru-paru, bronkus, trakea, dan lubang hidung.

d. Sistem pernapasan pada aves



Sumber: *www.paulnoll.com, 2007.*

***Gambar 6.12** Alat-alat pernapasan burung.*

Burung pada umumnya dapat terbang. Pada waktu terbang, otot-otot dada menggerakkan sayap sehingga mengganggu pengambilan napas oleh paru-paru. Maka dari itu di samping memiliki paru-paru, burung memiliki alat bantu pernapasan berupa kantung udara (sakus pneumatikus). Letak kantung udara:

1) pangkal leher (servikal),
2) ruang dada bagian depan (toraks anterior),
3) antartulang selangka (korakoid),
4) ruang dada bagian belakang (toraks posterior),
5) rongga perut (saccus abdominalis) dan ketiak (saccus axilliaris).

Fungsi kantung udara:

1) membantu pernapasan, terutama saat terbang;
2) menyimpan cadangan udara (oksigen);
3) memperbesar atau memperkecil berat jenis pada saat berenang;
4) mencegah hilangnya panas tubuh yang terlalu banyak.

Mekanisme pernapasan:

– Fase inspirasi: otot antartulang rusuk berkontraksi, rongga dada membesar, paru-paru mengembang sehingga udara luar masuk. Udara luar yang masuk sebagian kecil menuju paru-paru dan sebagian besar menuju ke kantung udara sebagai cadangan udara.
– Fase ekspirasi: otot antartulang rusuk relaksasi, rongga dada mengecil, paru-paru mengempis, akibatnya tekanan udara dalam paru-paru meningkat sehingga udara dari paru-paru yang kaya CO_2 keluar.

Kegiatan 6.2

Pernapasan Hewan

Tujuan: membuktikan bahwa hewan bernapas membutuhkan oksigen.

Alat dan Bahan:

1. Respirometer
2. Larutan KOH 4% atau kristal NaOH
3. Larutan eosin
4. Serangga (jangkrik, belalang, kecoak)

Langkah Kerja:

1. Buatlah kelompok untuk melakukan kegiatna berikut ini!
2. Masukkan kristal NaOH/KOH pada botol respirometer, kemudian masukkan kapas sebagai penyekat!
3. Masukkan serangga percobaan ke dalam respirometer (respirometer dapat dibuat sendiri dengan botol bekas kecil, tutup botol dilubangi dan masukkan pipa sedotan, olesi tutup botol dengan vaselin agar tidak bocor).
4. Tutuplah botol respirometer, pada ujung pipa kaca tetesi dengan larutan eosin letakkan respirometer secara mendatar, biarkan serangga melakukan respirasi di dalam botol!
5. Beri tanda dengan spidol pada pipa bertepatan dengan pewarna merah! Amati, apakah terjadi pergeseran warna eosin!
6. Catat waktunya dalam satu menit ada berapa cm gerakan tetes larutan eosin, lakukan hingga 5 menit!
7. Lakukan berulang kali dengan menggunakan jenis serangga lainnya! Bandingkan mana yang memiliki laju respirasi tercepat!
8. Matikan salah satu hewan tersebut, kemudian masukkan ke dalam respirometer! Amati, adakah gerakan air pada pipa!
9. Catat hasilnya dalam tabel!

Tabel Hasil Pengamatan

Waktu/ Pergeseran	Panjang dalam cm		
	Jangkrik	Kecoa	Belalang
1 menit			
2 menit			
3 menit			
4 menit			
5 menit			

Pertanyaan:

1. Mengapa tetesan eosin bergeser? Ke manakah arah pergeserannya?
2. Faktor apakah yang memengaruhi pergeseran eosin?
3. Dari bermacam-macam serangga tersebut, manakah laju pergeseran tercepat? Mengapa demikian?
4. Apakah peranan NaOH/KOH dalam percobaan?
5. Apakah kesimpulan dari percobaan di atas?

Bio Eksplorasi

Sistem Pernapasan

Sistem pernapasan didasarkan pada keteraturan yang rumit. Udara dingin atau kotor yang kita hirup dapat berdampak buruk bagi kesehatan. Oleh karena itu, udara harus dihangatkan dan dibersihkan sebelum dihirup. Hidung kita diciptakan sesuai untuk pekerjaan ini. Bulu dan selaput lendir pada dinding lubang hidung menyaring udara dengan menangkap partikel debu di dalamnya. Sementara itu, udara dihangatkan ketika mengalir sepanjang lubang hidung. Tulang-tulang hidung memiliki bentuk khusus, sehingga udara yang terhirup baru akan menuju paru-paru setelah berputar beberapa kali di dalam hidung dan menjadi hangat. Struktur yang memungkinkan udara mengalir beberapa kali dalam sebuah tulang yang kecil pastilah merupakan hasil perancangan. Jika manusia mencoba meniru efek ini, pengendalian pergerakan udara hanya mungkin terjadi melalui perhitungan yang rumit dan spesifik. Fakta bahwa struktur khusus ini ada untuk memenuhi kebutuhan sistem lain, yakni membersihkan dan menghangatkan udara yang mengalir ke paru-paru adalah bukti bahwa kedua sistem ini diciptakan secara khusus oleh Pencipta yang sama. Setelah semua tahapan ini, udara sampai ke tabung pernapasan setelah dilembapkan dan dibebaskan dari debu.

Manusia memiliki sepasang paru-paru. Yang kanan lebih besar (620 gram) daripada yang kiri (560 gram). Kegiatan pertukaran O_2/CO_2 yaitu pengambilan oksigen dan pembuangan karbon dioksida berpusat di paru-paru dan dilaksanakan oleh sistem peredaran darah. Darah mengambil oksigen dari paru-paru lalu mengedarkannya ke setiap sel dalam tubuh sambil mengumpulkan karbon dioksida dari sel-sel tersebut untuk dibuang melalui paru-paru. Untuk orang dewasa, pertukaran oksigen dan karbon dioksida yang demikian ini membutuhkan paru-paru yang luas permukaannya mencapai sekitar 90 m^2. Luas ini sama dengan 50 kali luas permukaan kulit atau hampir seluas lapangan tenis. Setiap hari, permukaan seluas ini terpapar ke 15.000 liter udara dan kotoran yang ikut terhirup. Sungguh ajaib bagaimana permukaan seluas ini dapat dipadatkan pada kedua paru-paru kita.

Sumber: *Harun Yahya, Manusia dan Alam Semesta, 2004.*

Setelah membaca uraian tersebut, jawablah pertanyaan berikut ini!

1. Sistem apakah yang menjalankan keteraturan manusia dalam bernapas?
2. Benarkah udara pernapasan lebih baik masuk melalui hidung? Mengapa?

Rangkuman

1. Pernapasan adalah proses pertukaran gas antara makhluk hidup dengan lingkungannya.
2. Alat pernapasan manusia meliputi rongga hidung, faring (tekak), laring (pangkal tenggorokan), bronkus, dan paru-paru (pulma).
3. Pernapasan luar terjadi antara udara dalam alveolus dengan darah dalam kapiler. Sedangkan pernapasan dalam terjadi antara darah dalam kapiler dan sel-sel dalam tubuh.
4. Inspirasi merupakan proses menghirup udara dan ekspirasi merupakan proses menghembuskan udara.
5. Pernapasan dada melibatkan otot tulang rusuk dan pernapasan perut melibatkan aktivitas otot-otot diafragma.
6. Udara pernapasan dipengaruhi oleh jenis pekerjaan, ukuran tubuh, serta jumlah maupun jenis bahan makanan yang dimakan.
7. Energi yang digunakan dalam kegiatan respirasi bersumber dari ATP yang ada pada masing-masing sel.
8. Gangguan pada sistem pernapasan disebabkan gangguan pada alat-alat pernapasan.
9. Pernapasan pada Avertebrata ada yang berlangsung secara difusi melalui permukaan tubuh, dan ada yang menggunakan alat pernapasan khusus berupa trakea, paru-paru buku dan insang.
10. Hewan Vertebrata bernapas dengan insang, kulit dan paru-paru.

Uji Kompetensi

A. *Pilihan ganda*

1. Di bawah ini adalah beberapa pernyataan tentang mekanisme pernapasan:
 1. *Otot antartulang rusuk berkontraksi, tulang rusuk naik, volume dada membesar, tekanan udara turun, udara masuk.*
 2. *Otot sekat rongga dada mengerut, volume rongga dada mengecil, udara keluar.*
 3. *Otot antartulang rusuk kendur, tulang rusuk turun, volume rongga dada mengecil, tekanan bertambah, akibatnya udara keluar.*
 4. *Otot sekat rongga dada mendatar, volume rongga dada membesar, udara masuk.*

Pernyataan yang benar tentang mekanisme pernapasan dada adalah:
a. 1 dan 2
b. 1 dan 3
c. 1 dan 4
d. 2 dan 3
e. 3 dan 4

2. Rangsangan yang mengatur cepat lambatnya gerakan pernapasan adalah
a. rangsangan pusat saraf
b. Fe dalam eritrosit
c. H_2O dalam darah
d. CO_2 dalam darah
e. Kadar O_2 dalam darah

3. Perhatikan tabel hasil percobaan respirasi hewan berikut ini!

Hewan (bertulang belakang) Berat Hewan		Volume udara yang dibutuhkan					
		5 menit ke-2		5 menit ke-2		5 menit ke-3	
		diam	aktif	diam	aktif	diam	aktif
I	Jantan, berat 1 gr	1,0 ml	1,2 ml	2,0 ml	2,5 ml	4,0 ml	4,3 ml
II	Jantan, berat 2 gr	1,8 ml	2,0 ml	3,5 ml	3,8 ml	5,0 ml	5,5 ml
III	Jantan, berat 4 gr	2,5 ml	3,0 ml	4,0 ml	4,4 ml	6,0 ml	6,8 ml

Keterangan:

Percobaan dilakukan pada suhu ruangan (25 – 27 °C).

Dari data di atas dapat disimpulkan bahwa faktor yang memengaruhi respirasi hewan tersebut adalah
a. berat badan dan temperatur
b. jenis kelamin dan temperatur
c. jenis kelamin dan berat badan
d. berat badan dan aktivitas hewan
e. aktivitas hewan saja

4. Asfiksi adalah salah satu gangguan pernapasan pada manusia. Hal ini disebabkan oleh
a. alveolus kemasukan air
b. terjadinya gangguan pada difusi O_2 di alveolus
c. radang pada selaput pembungkus paru-paru
d. melebarnya trakea karena otot polosnya berkontraksi terus menerus
e. gangguan pengangkutan O_2 ke jaringan

5. Reaksi kimia proses pernapasan adalah
a. $6\ C_2H_{12}O_6 + O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6\ H_2O + E$
b. $6\ C_6H_{12}O_6 + O_2 \rightarrow CO_2 + 6\ H_2O + E$
c. $C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 \rightarrow 6\ CO_2 + 6\ H_2O + E$
d. $C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 \rightarrow CO_2 + 6\ H_2O + E$
e. $C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 \rightarrow 6\ CO_2 + H_2O + E$

6. Kontraksi otot antarrusuk pada proses pernapasan manusia menyebabkan
 a. tulang-tulang rusuk terangkat, rongga dada membesar, dan terjadi inspirasi
 b. tulang-tulang rusuk terangkat, rongga dada membesar, dan terjadi ekspirasi
 c. tulang-tulang rusuk mengendur, rongga dada membesar, dan terjadi inspirasi
 d. tulang-tulang rusuk mengendur, rongga dada mengecil, dan terjadi inspirasi
 e. diafragma mendatar, rongga dada membesar, dan terjadi inspirasi
7. Pada manusia urut-urutan saluran pernapasan dari luar ke dalam adalah
 a. tekak – tenggorokan – bronkiolus – bronkus – alveolus
 b. tekak – kerongkongan – bronkus – bronkiolus – alveolus
 c. tenggorokan – tekak – bronkus – bronkiolus – alveolus
 d. tekak – tenggorokan – bronkus – bronkiolus – alveolus
 e. kerongkongan – tenggorokan – bronkus – bronkiolus – alveolus
8. Gejala asidosis pada penderita pneumonia adalah manifestasi dari gangguan proses pengangkutan
 a. oksigen
 b. karbon monoksida
 c. karbon dioksida
 d. karbohidrat
 e. oksihemoglobin
9. Kantung udara pada waktu burung terbang berfungsi untuk
 a. melindungi tubuh dari kedinginan
 b. mencegah pengeluaran panas tubuh
 c. meringankan tubuh
 d. memperkeras suara
 e. alat bantu bernapas
10. Kapasitas residu fungsional adalah
 a. penjumlahan antara volume tidal dengan volume residu
 b. penjumlahan antara volume cadangan ekspirasi dengan volume residu
 c. penjumlahan antara volume tidal dengan volume cadangan inspirasi
 d. penjumlahan antara volume cadangan inspirasi, volume tidal, dan volume cadangan ekspirasi
 e. penjumlahan antara volume residu dengan kapasitas paru-paru

II. Uraian

1. Bagaimanakah proses oksigen diangkut ke seluruh tubuh?
2. Mengapa tubuh manusia memerlukan oksigen?
3. Jelaskan respirasi burung pada saat terbang dan pada saat tidak terbang!
4. Bagaimanakah proses terjadinya inspirasi pada pernapasan perut manusia?
5. Mengapa kandungan udara di alveolus berbeda dengan kandungan udara ekspirasi?

III. Bacalah artikel berikut ini kemudian jawablah pertanyaan berdasarkan hasil analisis kalian!

Efek Bahaya Asap Rokok bagi Kesehatan Tubuh Manusia Akibat Sebatang Rokok

Rokok adalah benda beracun yang memberi efek santai dan sugesti merasa lebih jantan. Di balik kegunaan atau manfaat rokok yang secuil itu, terkandung bahaya yang sangat besar bagi orang yang merokok maupun orang di sekitar perokok yang bukan perokok.

1. Asap rokok mengandung kurang lebih 4.000 bahan kimia yang 200 diantaranya beracun dan 43 jenis lainnya dapat menyebabkan kanker bagi tubuh. Beberapa zat yang sangat berbahaya yaitu tar, nikotin, karbon monoksida, dan sebagainya.
2. Asap rokok yang baru mati di asbak mengandung tiga kali lipat bahan pemicu kanker di udara dan 50 kali mengandung bahan pengiritasi mata dan pernapasan.
3. Seseorang yang mencoba merokok biasanya akan ketagihan karena rokok bersifat candu yang sulit dilepaskan dalam kondisi apapun.
4. Harga rokok yang mahal akan sangat memberatkan orang yang tergolong miskin, sehingga dana kesejahteraan dan kesehatan keluarganya sering dialihkan untuk membeli rokok.
5. Sebagian perokok biasanya akan mengajak orang lain yang belum merokok untuk merokok agar merasakan penderitaan yang sama dengannya, yaitu terjebak dalam ketagihan asap rokok yang jahat.
6. Kegiatan yang merusak tubuh adalah perbuatan dosa, sehingga rokok dapat dikategorikan sebagai benda atau barang haram yang harus dihindari dan dijauhi sejauh mungkin.

Kesimpulan:
Jadi, dapat disimpulkan bahwa merokok merupakan kegiatan bodoh yang dilakukan manusia yang mengorbankan uang, kesehatan, kehidupan sosial, pahala, persepsi positif, dan lain sebagainya. Maka bersyukurlah kalian jika belum merokok, karena kalian adalah orang yang smart/pandai.

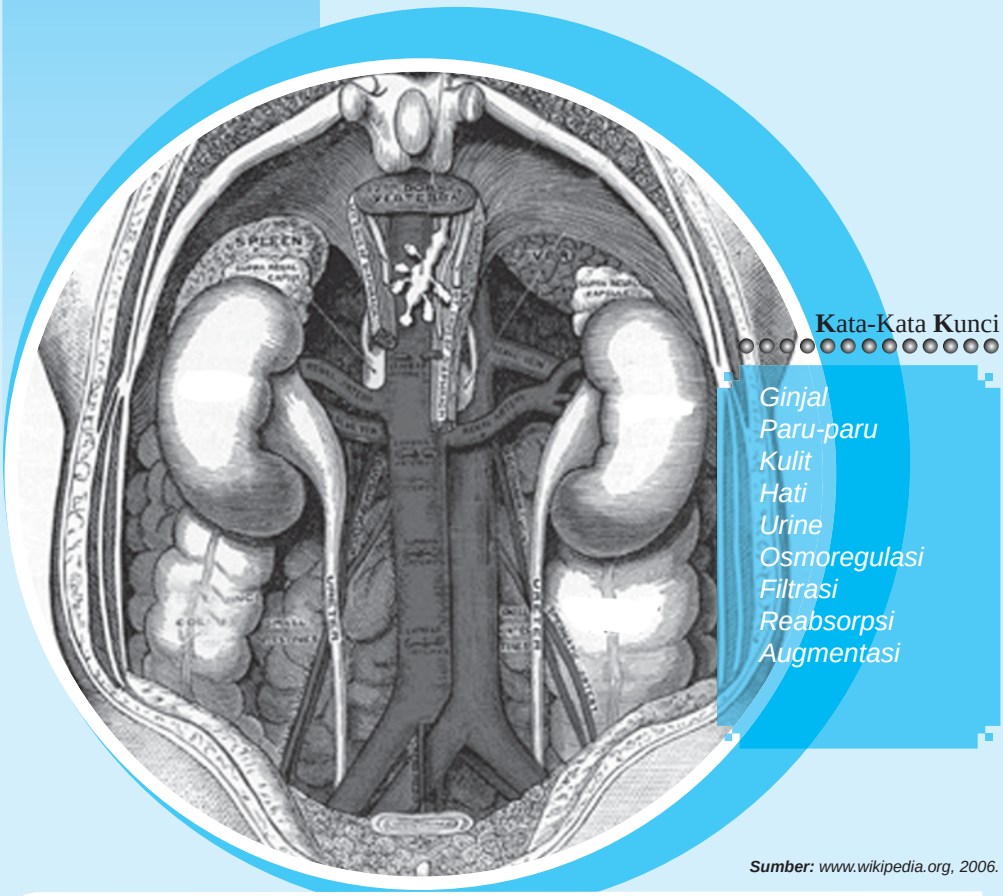
Sumber: *www.organisasi org. 07 Mei 2007.*

Diskusikan bersama teman kalian tentang beberapa hal berikut!

1. Bagaimana dampak negatif dari asap rokok bagi kesehatan?
2. Bagaimana sikap kalian apabila ada seseorang yang menawarkan rokok kepada kalian?
3. Apa yang dapat kalian lakukan untuk mencegah bahaya asap rokok?

Bab 7

Sistem Ekskresi



Kata-Kata Kunci

Ginjal
Paru-paru
Kulit
Hati
Urine
Osmoregulasi
Filtrasi
Reabsorpsi
Augmentasi

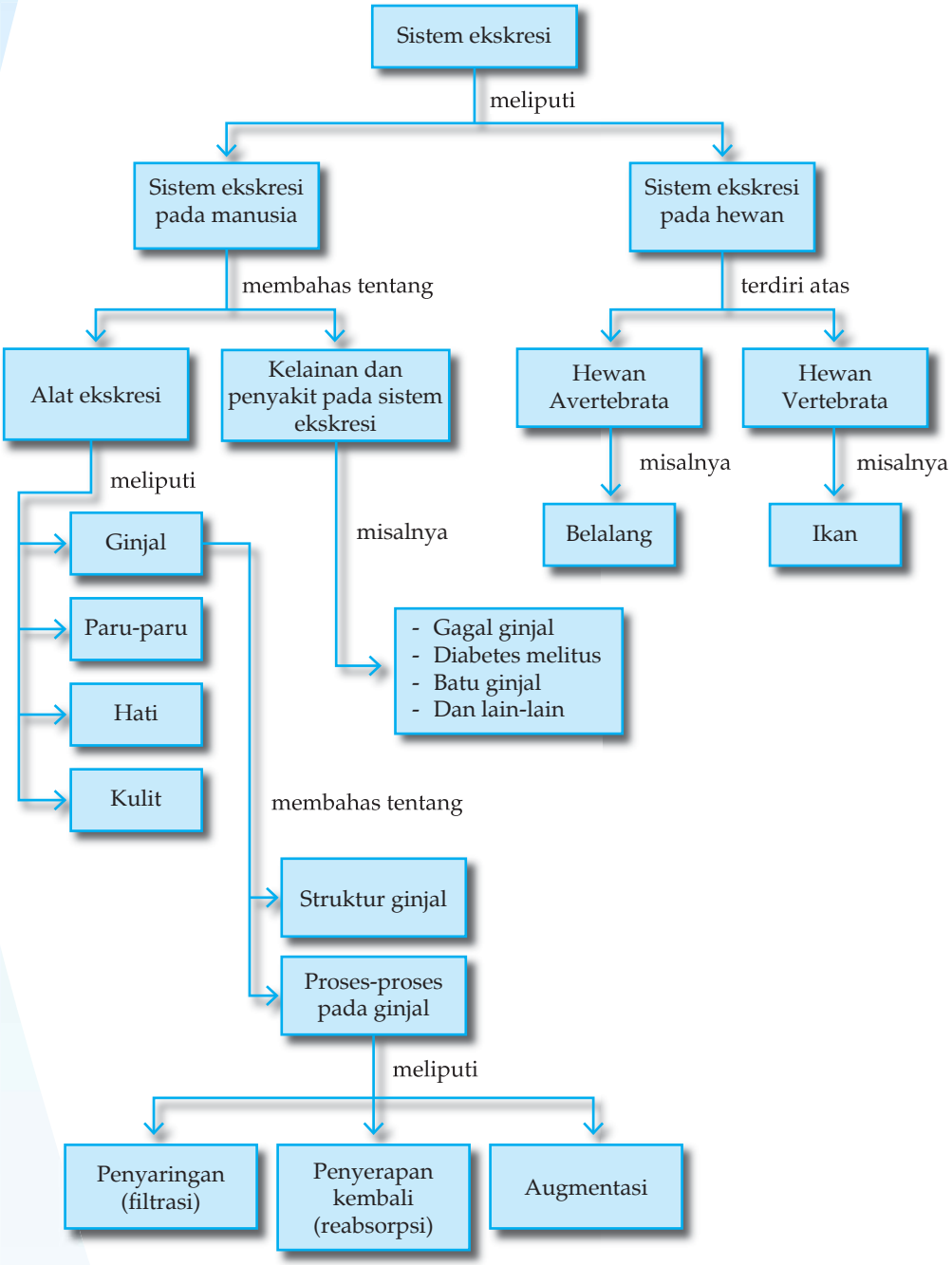
Sumber: *www.wikipedia.org, 2006.*

Sebuah pabrik akan membuang zat sisa hasil produksi seperti asap dan limbah cair. Demikian pula tubuh kita akan membuang zat-zat sisa yang tidak diperlukan tubuh lagi. Zat-zat sisa yang tidak berguna lagi akan diekskresikan keluar tubuh. Zat-zat sisa tersebut jika tidak dikeluarkan akan menjadi racun bagi tubuh. Oleh karena itu, diperlukan alat pengeluaran zat-zat sisa dari dalam tubuh. Bagaimana proses pengeluaran zat tersebut?

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi yang terdapat dalam bab ini diharapkan siswa mampu menjelaskan keterkaitan antara struktur, fungsi, dan proses serta kelainan/penyakit yang dapat terjadi pada sistem ekskresi pada manusia dan hewan.

Peta Konsep


Sistem ekskresi
meliputi
Sistem ekskresi pada manusia
Sistem ekskresi pada hewan
membahas tentang
terdiri atas
Alat ekskresi
Kelainan dan penyakit pada sistem ekskresi
Hewan Avertebrata
Hewan Vertebrata
meliputi
misalnya
misalnya
misalnya
Ginjal
Paru-paru
Hati
Kulit
Belalang
Ikan
- Gagal ginjal
- Diabetes melitus
- Batu ginjal
- Dan lain-lain
membahas tentang
Struktur ginjal
Proses-proses pada ginjal
meliputi
Penyaringan (filtrasi)
Penyerapan kembali (reabsorpsi)
Augmentasi

A. Pendahuluan

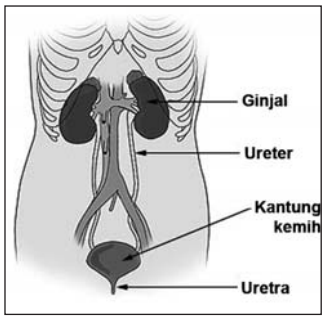
Di dalam tubuh makhluk hidup terjadi proses-proses biologis berupa pembongkaran dan penyusunan (metabolisme). Metabolisme akan menghasilkan zat yang berguna bagi tubuh dan zat-zat sisa yang tidak digunakan tubuh. Sisa hasil metabolisme dikeluarkan melalui alat-alat pengeluaran. Apabila sisa hasil metabolisme tersebut tidak dikeluarkan maka dapat menyebabkan tubuh keracunan. Zat-zat sisa yang dikeluarkan tubuh antara lain karbon dioksida (CO_2), amonia (NH_4), dan air (H_2O). Proses pengeluaran sisa metabolisme yang tidak berguna tersebut disebut *ekskresi*.

Ekskresi melibatkan alat-alat khusus dan membentuk suatu sistem yang disebut sistem ekskresi. Setiap makhluk hidup memiliki alat ekskresi yang berbeda-beda. Kalian akan mempelajarinya pada bab ini.

Sistem ekskresi sangat berperan penting untuk menjaga keseimbangan cairan dalam tubuh (homeostatis) dengan cara *osmoregulasi*. Osmoregulasi, yaitu mekanime untuk mengatur konsentrasi bahan terlarut dalam cairan sel atau cairan tubuh. Bagaimana sistem ekskresi terjadi?

B. Sistem Ekskresi Manusia

Ekskresi berarti pengeluaran zat buangan atau zat sisa hasil metabolisme yang berlangsung dalam tubuh organisme (makhluk hidup). Zat sisa metabolisme dikeluarkan dari tubuh oleh alat ekskresi. Alat pengeluaran pada makhluk hidup berbeda-beda sesuai dengan jenisnya. Semakin tinggi tingkatan makhluk hidup maka semakin kompleks alat pengeluarannya. Alat pengeluaran pada manusia dan vertebrata terdiri atas ginjal, kulit, paru-paru, dan hati. Perhatikan gambar 7.1. Sedangkan alat pengeluaran pada hewan yang lebih rendah tingkatannya antara lain berupa *buluh Malpighi*, nefridia, sel api, dan rongga berdenyut.



Sumber: www.wikipedia.org, 2006.
Gambar 7.1 *Alat ekskresi pada manusia*

Sistem ekskresi membantu memelihara homeostatis dengan tiga cara, yaitu melakukan osmoregulasi, mengeluarkan sisa metabolisme, dan mengatur konsentrasi sebagian besar penyusun cairan tubuh.

Zat sisa metabolisme adalah hasil pembongkaran zat makanan yang bermolekul kompleks. Zat sisa ini sudah tidak berguna lagi bagi tubuh. Sisa metabolisme antara lain, CO_2, H_2O, NH_3, zat warna empedu, dan asam urat.

Karbon dioksida dan air merupakan sisa oksidasi atau sisa pembakaran zat makanan yang berasal dari karbohidrat, lemak, dan protein. Kedua senyawa tersebut tidak berbahaya bila kadarnya tidak berlebihan. Walaupun CO_2 berupa zat sisa namun sebagian masih dapat dipakai sebagai penjaga

kestabilan pH dalam darah. Demikian juga H_2O dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan, misalnya sebagai pelarut.

Amonia (NH_3), hasil pembongkaran/pemecahan protein, merupakan zat yang beracun bagi sel. Oleh karena itu, zat ini harus dikeluarkan dari tubuh. Namun demikian, jika untuk sementara disimpan dalam tubuh zat tersebut akan dirombak menjadi zat yang kurang beracun, yaitu dalam bentuk *urea.*

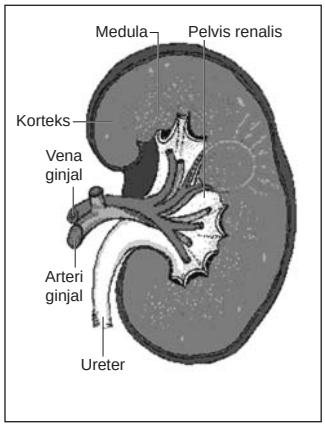
Zat warna empedu adalah sisa hasil perombakan sel darah merah yang dilakukan oleh hati dan disimpan pada kantung empedu. Zat inilah yang akan dioksidasi jadi *urobilinogen* yang berguna memberi warna pada tinja dan urine.

Asam urat merupakan sisa metabolisme yang mengandung nitrogen (sama dengan amonia). Asam urat mempunyai daya racun lebih rendah dibandingkan amonia, karena daya larutnya di dalam air rendah.

Tugas pokok alat ekskresi adalah membuang sisa metabolisme walaupun alat pengeluarannya berbeda-beda. Sistem ekskresi pada manusia dan vertebrata lainnya melibatkan organ paru-paru, kulit, ginjal, dan hati. Namun yang terpenting dari keempat organ tersebut adalah ginjal.

1. Ginjal

Fungsi utama ginjal adalah mengekskresikan zat-zat sisa metabolisme yang mengandung nitrogen misalnya amonia. Amonia adalah hasil pemecahan protein dan bermacam-macam garam, melalui proses *deaminasi* atau proses pembusukan mikroba dalam usus. Selain itu, ginjal juga berfungsi mengeksresikan zat yang jumlahnya berlebihan, misalnya vitamin yang larut dalam air; mempertahankan cairan ekstraseluler dengan jalan mengeluarkan air bila berlebihan; serta mempertahankan keseimbangan asam dan basa. Hasil ekskresi dari ginjal berupa urine.



Sumber: *Microsoft Encarta, 2005.*
Gambar 7.2 *Penampang ginjal.*

a. Struktur ginjal

Bentuk ginjal seperti kacang merah, jumlahnya sepasang dan terletak di dorsal kiri dan kanan tulang belakang di daerah pinggang. Berat ginjal diperkirakan 0,5% dari berat badan, dan panjangnya ± 10 cm. Setiap menit 20-25% darah dipompa oleh jantung yang mengalir menuju ginjal. Perhatikan gambar 7.2.

Ginjal terdiri atas tiga bagian utama yaitu:
1. korteks (bagian luar),
2. medula (sumsum ginjal),
3. pelvis renalis (rongga ginjal).

Bagian korteks ginjal mengandung banyak sekali nefron (± 100 juta) sehingga permukaan kapiler ginjal menjadi luas, akibatnya perembesan

zat buangan menjadi banyak. Setiap nefron terdiri atas badan Malpighi dan tubulus (saluran) yang panjang. Pada badan Malpighi terdapat kapsul *Bowman* yang bentuknya seperti mangkuk atau piala yang berupa selaput sel pipih. Kapsul Bowman membungkus *glomerulus*. Glomerulus berbentuk jalinan kapiler arterial. Tubulus (pembuluh) pada badan Malpighi adalah tubulus proksimal yang bergulung dekat kapsul Bowman di mana pada dinding selnya terdapat banyak sekali mitokondria. Tubulus yang kedua adalah tubulus distal.

Pada rongga ginjal bermuara pembuluh pengumpul. Rongga ginjal dihubungkan oleh *ureter* (berupa saluran) ke kantung kemih *(vesika urinaria)* yang berfungsi sebagai tempat penampungan sementara urine sebelum keluar tubuh. Dari kantung kemih, urine dikeluarkan dari tubuh melewati saluran yang disebut *uretra.*

b. Proses-proses di dalam ginjal

Di dalam ginjal terjadi rangkaian proses filtrasi, reabsorpsi, dan augmentasi. Keseluruhan proses tersebut akan membentuk urine.

1) Penyaringan (filtrasi)

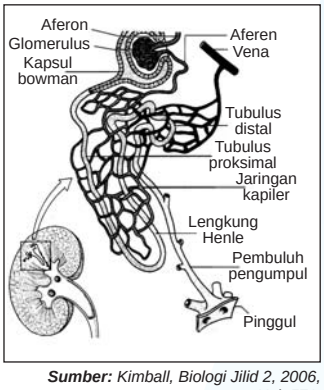
Filtrasi terjadi pada kapiler glomerulus kapsul Bowman. Pada glomerulus terdapat sel-sel endotelium kapiler yang berpori (podosit) sehingga mempermudah proses penyaringan. Beberapa faktor yang mempermudah proses penyaringan adalah tekanan hidrolik dan permeabilitias yang tinggi pada glomerulus. Selain penyaringan, di glomelurus terjadi pula pengikatan kembali sel-sel darah, keping darah, dan sebagian besar protein plasma. Bahan-bahan kecil terlarut dalam plasma, seperti glukosa, asam amino, natrium, kalium, klorida, bikarbonat, garam lain, dan urea melewati saringan tersebut dan menjadi bagian dari endapan.

Hasil penyaringan di glomerulus berupa filtrat glomerulus (urine primer) yang komposisinya serupa dengan darah tetapi tidak mengandung protein. Pada filtrat glomerulus masih dapat ditemukan asam amino, glukosa, natrium, kalium, dan garam-garam lainnya.

2) Penyerapan kembali (Reabsorpsi)

Volume urine manusia hanya 1% dari filtrat glomerulus. Oleh karena itu, 99% filtrat glomerulus akan direabsorpsi secara aktif pada tubulus kontortus proksimal dan terjadi penambahan zat-zat sisa serta urea pada tubulus kontortus distal.

Substansi yang masih berguna pada urine primer seperti glukosa dan asam amino dikembalikan ke darah melalui pembuluh kapiler yang berada di sekitar pembuluh. Glukosa dan asam amino diabsorpsi pada tubulus proksimal dan tubulus distal. Selain itu air yang terdapat pada filtrat glomerulus juga diserap kembali melalui proses



Sumber: *Kimball, Biologi Jilid 2, 2006, Hal. 571.*

Gambar 7.3 *Nefron.*

osmosis. Penyerapan air terjadi di dalam tubulus distal, lengkung Henle, dan pembuluh pengumpul. Substansi yang tidak berguna, kelebihan garam, dan bahan lain pada filtrat dikeluarkan dalam urine. Tiap hari tabung ginjal mereabsorpsi lebih dari 178 liter air, 1.200 gram garam, dan 150 gram glukosa. Sebagian besar dari zat-zat ini direabsorpsi beberapa kali.

Setelah terjadi reabsorpsi maka tubulus akan menghasilkan urine sekunder yang komposisinya sangat berbeda dengan urine primer. Pada urine sekunder, zat-zat yang masih diperlukan tidak akan ditemukan lagi. Sebaliknya, konsentrasi zat-zat sisa metabolisme yang bersifat racun bertambah, misalnya ureum dari 0,03% dalam urine primer dapat mencapai 2% dalam urine sekunder.

3) *Augmentasi*

Pada proses augmentasi, urine sekunder dari lengkung Henle akan masuk ke tubulus distal. Di dalam tubulus distal urine mengalami augmentasi, yaitu proses penambahan zat yang tidak diperlukan tubuh ke dalam tubulus kontortus distal. Komposisi urine yang dikeluarkan lewat ureter adalah 96% air, 1,5% garam, 2,5% urea, dan sisanya substansi lain, misalnya pigmen empedu yang berfungsi memberi warna dan bau pada urine.

c. *Hal-hal yang memengaruhi produksi urine*

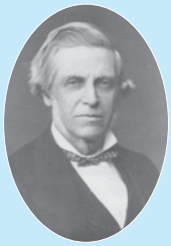
Hormon antidiuretik (ADH) yang dihasilkan oleh kelenjar hipofisis posterior akan memengaruhi penyerapan air pada bagian tubulus distal karena meningkatkan permeabilitias sel terhadap air. Jika hormon ADH rendah maka penyerapan air berkurang sehingga urine menjadi banyak dan encer. Sebaliknya, jika hormon ADH banyak, penyerapan air banyak sehingga urine sedikit dan pekat. Kehilangan kemampuan mensekresi ADH menyebabkan penyakit diabetes insipidus. Penderitanya akan menghasilkan urine yang sangat encer.

Selain ADH, banyak sedikitnya urine dipengaruhi pula oleh faktor-faktor sebagai berikut:

1) *Jumlah air yang diminum*

Akibat banyaknya air yang diminum, akan menurunkan konsentrasi protein yang dapat menyebabkan tekanan koloid protein menurun, sehingga tekanan filtrasi kurang efektif. Hasilnya, urine yang diproduksi banyak.

Profil



Bowman

Bowman, Sir William (20 Juli 1816 - 29 Maret 1892) adalah seorang ahli bedah, ahli histologi, dan ahli anatomi berkebangsaan Inggris. Lahir di Nantwich, Cheshire, Bowman mengenyam pendidikan di Sekolah Hazelwood di dekat Birmingham pada 1826. Kecelakaan yang terjadi pada masa kecilnya membuat dirinya tertarik dalam dunia kedokteran.
Karya pertamanya yang cukup dikenal adalah penelitian mengenai struktur otot rangka. Pada usia 25 tahun, ia telah mengidentifikasi struktur pada nefron yang dikenal dengan kapsul Bowman. Ia memaparkan penemuannya pada makalahnya yang berjudul *On the Structure and Use of the Malpighian Bodies of the Kidney* dan berhasil mendapatkan medali kerajaan. Ia meninggal pada 1892.

Sumber: *www.wikipedia.org, 2007.*

2) *Saraf*
Rangsangan pada saraf ginjal akan menyebabkan penyempitan duktus aferen sehingga aliran darah ke glomerulus berkurang. Akibatnya, filtrasi kurang efektif karena tekanan darah menurun.

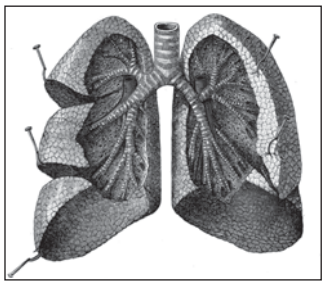
3) *Banyak sedikitnya hormon insulin*
Apabila hormon insulin kurang (penderita diabetes melitus), kadar gula dalam darah akan dikeluarkan lewat tubulus distal. Kelebihan kadar gula dalam tubulus distal mengganggu proses penyerapan air, sehingga orang akan sering mengeluarkan urine.

Tindak Lanjut

Jelaskan perbedaan ekskresi dan sekresi! Berilah masing-masing contohnya! Kumpulkan hasilnya pada guru kalian!

2. *Paru-Paru (Pulmo)*

Paru-paru memiliki fungsi utama sebagai alat pernapasan. Akan tetapi, karena mengekskresikan zat sisa metabolisme maka dibahas pula dalam sistem ekskresi. Karbon dioksida dan air hasil metabolisme di jaringan diangkut oleh darah lewat vena untuk dibawa ke jantung, dari jantung akan dipompakan ke paru-paru untuk berdifusi di alveolus. Selanjutnya, H_2O dan CO_2 berdifusi atau dieksresikan ke alveolus paru-paru karena pada alveolus bermuara banyak kapiler yang mempunyai selaput tipis.



Sumber: www.wikipedia.org, 2006.
Gambar 7.4 *Paru-paru sebagai organ ekskresi.*

Karbon dioksida dari jaringan, sebagian besar (75%) diangkut oleh plasma darah dalam bentuk senyawa HCO_3, sedangkan sekitar 25% lagi diikat oleh Hb yang membentuk karboksihemoglobin ($HbCO_2$).

Kegiatan 7.1

Paru-Paru sebagai Alat Ekskresi

Tujuan: untuk mengetahui zat-zat yang dikeluarkan oleh paru-paru

Alat dan Bahan:
1. Tabung reaksi
2. Sedotan
3. Air kapur
4. Kaca

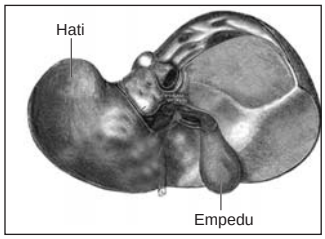
Langkah Kerja:
1. Masukkan air kapur ke dalam tabung reaksi setinggi 2 cm, kemudian tiuplah dengan sedotan!
2. Hembuskanlah napas kalian ke permukaan kaca!

Pertanyaan:

1. Perubahan apakah yang terjadi pada air kapur setelah kalian tiup? Bandingkan dengan air kapur sebelum kalian tiup!
2. Apakah yang menyebabkan perubahan tersebut?
3. Perubahan apakah yang terjadi pada kaca, setelah kalian hembuskan napas kalian ke permukaan kaca?
4. Apakah yang menyebabkan perubahan tersebut?
5. Buatlah kesimpulan dari eksperimen tersebut!

3. *Hati (Hepar)*

Hati disebut juga sebagai alat ekskresi di samping berfungsi sebagai kelenjar dalam sistem pencernaan. Perhatikan gambar 7.5. Hati menjadi bagian dari sistem ekskresi karena menghasilkan empedu. Hati juga berfungsi merombak hemoglobin menjadi bilirubin dan biliverdin, setelah mengalami oksidasi akan berubah menjadi urobilin yang memberi warna kekuningan pada feses. Demikian juga kreatinin hasil pemecahan protein, pembuangannya diatur oleh hati kemudian diangkut oleh darah ke ginjal.



Sumber: *www.wikipedia.org, 2006.*

Gambar 7.5 *Hati sebagai organ ekskresi.*

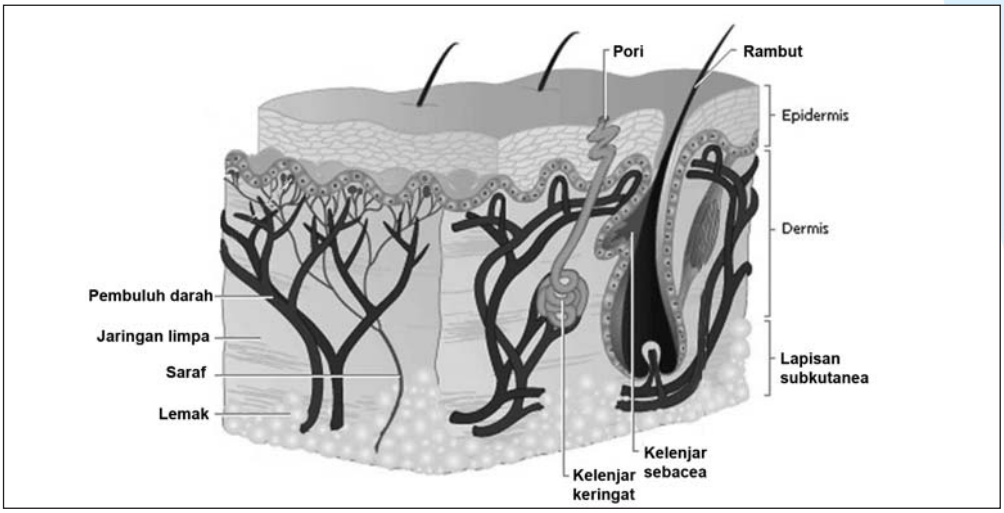
Jika saluran empedu tersumbat karena adanya endapan kolesterol, maka cairan empedu akan masuk dalam sistem peredaran darah sehingga cairan darah menjadi lebih kuning. Penderita yang mengalami gejala tersebut mengalami sakit kuning.

4. *Kulit*

Kulit berfungsi sebagai organ ekskresi karena mengandung kelenjar keringat *(glandula sudorifera)* yang mengeluarkan 5% sampai 10% dari seluruh sisa metabolisme. Pusat pengatur suhu pada susunan saraf pusat akan mengatur aktivitas kelenjar keringat dalam mengeluarkan keringat.

Keringat mengandung air, larutan garam, dan urea. Pengeluaran keringat yang berlebihan bagi pekerja berat menimbulkan hilangnya garam-garam mineral sehingga dapat menyebabkan kejang otot dan pingsan.

Kulit selain berfungsi mengekskresikan keringat, juga berfungsi sebagai pelindung terhadap kerusakan fisik, penyinaran, serangan kuman, penguapan, sebagai organ penerima rangsang (reseptor), serta pengatur suhu tubuh. Kulit terdiri atas dua bagian utama yaitu: epidermis dan dermis. Perhatikan gambar 7.6.



Sumber: *Kamus Visual, 2004, Hal. 172.*

Gambar 7.6 *Kulit sebagai organ ekskresi.*

a. Epidermis (lapisan terluar) dibedakan lagi atas:

Epidermis memiliki lapisan-lapisan (stratum) penyusun, yaitu:

1. *stratum korneum* berupa zat tanduk (sel mati) dan selalu mengelupas,
2. *stratum lusidum,*
3. *stratum granulosum* yang mengandung pigmen, bersama stratum lusidum mengganti sel-sel di lapisan straum korneum,
4. *stratum germinativum* adalah lapisan yang selalu membentuk sel-sel kulit ke arah luar.

b. Dermis

Dermis memiliki 2 lapisan, yaitu stratum papilar dan stratum retikularis. Baik stratum papilar dan stratum retikularis tersusun atas serabut-serabut kolagen, elastis, dan retikulus. Serabut kolagen memberikan kekuatan pada kulit. Serabut elastis bertujuan memberi kelenturan kulit. Serabut retikulus memberikan kekuatan pada alat di sekitar kelenjar dan folikel rambut.

Dermis merupakan bagian yang terdapat akar rambut, kelenjar minyak, pembuluh darah, serabut saraf, serta otot penegak rambut. Kelenjar keringat akan menyerap air dan garam mineral dari kapiler darah karena letaknya yang berdekatan. Selanjutnya, air dan garam mineral akan dikeluarkan di permukaan kulit (pada pori) sebagai keringat. Keringat yang keluar akan menyerap panas tubuh sehingga suhu tubuh akan tetap.

Dalam kondisi normal, keringat yang keluar sekitar 50 cc per jam. Jumlah ini akan berkurang atau bertambah jika ada faktor-faktor tertentu, misalnya suhu lingkungan yang tinggi, gangguan dalam penyerapan air pada ginjal (gagal ginjal), kelembapan udara, aktivitas tubuh yang meningkat sehingga proses metabolisme berlangsung lebih cepat untuk menghasilkan energi, gangguan emosional, dan menyempitnya pembuluh darah akibat rangsangan pada saraf simpatik.

5. *Kelainan dan Penyakit pada Sistem Ekskresi*

a. Kelainan dan penyakit pada ginjal

1) Gagal ginjal

Ginjal dapat rusak akibat infeksi bakteri. Jika salah satu ginjal tidak berfungsi, ginjal lainnya mengambil alih tugas penyaringan darah. Jika kedua ginjal tidak berfungsi, dapat berakibat fatal karena urea akan tertimbun di dalam tubuh. Kadar urea yang tinggi meracuni tubuh dan dapat mengakibatkan kematian.

Jika terjadi penimbunan urea, penderita mempunyai dua pilihan, yaitu cangkok ginjal atau cuci darah secara rutin. Cuci darah biasanya dilakukan sampai penderita mendapatkan donor ginjal. Organ donor harus memiliki kesesuaian jaringan dengan organ penderita, agar tidak terjadi penolakan.



Sumber: www.wikipedia.org

Gambar 7.7 *Alat cuci darah (Hemodialisis).*

2) Diabetes melitus

Diabetes melitus (kencing manis) adalah penyakit yang ditandai adanya kadar gula (glukosa) yang tinggi dalam darah. Hal ini terjadi karena hormon insulin di dalam tubuh sangat rendah. Rendahnya hormon insulin menyebabkan perombakan glukosa menjadi glikogen terganggu, sehingga glukosa dalam darah meningkat. Penderita diabetes melitus selalu merasa kehausan. Beberapa penderita diabetes sering mengeluhkan sakit kepala, mual, dan muntah.

3) Diabetes insipidus

Diabetes insipidus adalah penyakit yang ditandai dengan pengeluaran urine yang berlebih. Penyebab diabetes insipidus, yaitu kekurangan ADH. Kurangnya ADH mengakibatkan peningkatan pengeluaran urine, peningkatan dehidrasi pada penderita, rasa haus terus-menerus, dan tekanan darah rendah.

4) Batu ginjal

Batu ginjal adalah penyakit karena adanya batu (endapan garam kalsium) di dalam rongga ginjal, saluran ginjal, atau di dalam kantung kemih. Adanya batu tersebut menyulitkan keluarnya urine dan menimbulkan rasa nyeri.

Batu ginjal dapat disebabkan oleh kurangnya cairan yang masuk ke dalam tubuh, kegiatan yang berlebihan disertai dehidrasi, dan konsumsi obat-obatan yang mengandung *asam urik*.

5) Nefritis

Nefritis yaitu kerusakan pada nefron (glomerulus) karena infeksi kuman. Penyakit ini menyebabkan ginjal tidak dapat bekerja sesuai fungsinya.

Akibatnya, urea masuk ke dalam darah dan gejala ini disebut *uremia*. Uremia menyebabkan penyerapan air terganggu sehingga terjadi penimbunan air di kaki (kaki membesar) yang disebut *edema*. Penyakit inilah yang sering disebut gagal ginjal.

b. Kelainan dan penyakit pada hati

Kelainan dan penyakit yang mengganggu fungsi hati sebagai alat ekskresi adalah hepatitis. Hepatitis adalah radang hati yang disebabkan oleh virus. Ada bermacam-macam virus, misalnya virus hepatitis A, B, C, D, E, F, dan G. Hepatitis yang disebabkan oleh virus hepatitis B lebih berat daripada yang disebabkan oleh virus hepatitis A.

Hepatitis A disebabkan oleh infeksi hepatitis A virus (HAV). Hepatitis A menular melalui makanan, air, dan peralatan yang terkontaminasi HAV. Hepatitis B disebabkan oleh infeksi hepatitis B virus (HBV). Hepatitis B dapat menular melalui darah, misalnya melalui transfusi darah. Hepatitis C disebabkan oleh virus yang belum diketahui secara pasti.

c. Kelainan dan penyakit pada kulit

1) Biduran

Udara dingin bisa menyebabkan kulit kita menjadi gatal dan timbul bengkak-bengkak dengan bentuk yang tidak teratur. Kondisi seperti ini disebut *biduran*. Biduran dapat berlangsung beberapa jam hingga beberapa hari dan tidak meninggalkan bekas. Alergi terhadap bahan kimia, makanan, atau obat-obatan dapat pula menyebabkan biduran.

2) Kaki atlet (athlete's foot)

Penyakit ini disebabkan oleh infeksi jamur pada kaki. Keadaan lembap dan berkeringat pada kaki merupakan kondisi yang mendukung pertumbuhan jamur ini. Menjaga agar kaki kita tidak lembap dan segera melepaskan sepatu atau kaus kaki setelah beraktivitas dapat membantu mencegah penyakit kaki atlet.

3) Ringworm

Selain menginfeksi kulit, jamur penyebab ringworm dapat menginfeksi kuku dan kulit kepala. Ciri dari infeksi jamur ini adalah membentuk bekas melingkar di kulit. Penyakit ini dapat dikurangi dengan menggunakan obat antijamur. Cara yang paling tepat untuk mencegah penyakit ini dengan menjaga kebersihan diri dan menjaga agar kulit tetap kering dan tidak lembap.

Biologi Kita

Mesin Dialisis Penyambung Kehidupan

Mesin dialisis dipakai untuk membersihkan darah penderita gagal ginjal dari zat-zat sisa metabolisme tubuh atau zat racun. Dialisis perlu dilaksanakan bila terjadi penimbunan urea, kreatinin, asam urat, kalium dan lain-lain. Dialisis biasanya diperlukan oleh penderita yang sangat kurang kencingnya dalam waktu cukup lama (lebih dari 14 hari), mengalami asidosis yang semakin buruk, dan kegagalan jantung.
Mesin dialisis memiliki tiga komponen pokok, yaitu pipa yang menghubungkan darah penderita ke unit membran, unit membran yang berfungsi melaksanakan proses penyaringan atau dialisis, dan alat yang mengatur pemasukan dan pengeluaran darah dari tubuh menuju membran kembali lagi ke tubuh.

Sumber: Ensiklopedi Nasional Indonesia Jilid 4, 2004

4) *Kutu dan cacing*

Selain jamur, parasit yang umum ditemui pada kulit manusia berupa kutu dan cacing. Kutu dan cacing menyebabkan iritasi dan gatal. Parasit ini dapat berpindah ke orang lain sehingga bisa menular.

5) *Psoriasis*

Penderita psoriasis mengalami gejala seperti kulit kemerahan dan bersisik yang dapat terjadi pada kulit kepala, sikut, lutut, atau punggung. Gejala ini sering berulang dan hingga saat ini psoriasis belum dapat disembuhkan secara total.

6) *Kanker kulit*

Dari semua jenis kanker, kanker kulit adalah jenis kanker yang paling sering dijumpai. Paparan terhadap sinar matahari yang berlebihan dapat memicu timbulnya kanker kulit. Penyakit ini lebih sering menyerang orang dengan kulit yang berwarna terang yang lebih sensitif terhadap sinar matahari. Pencegahan dapat dilakukan dengan menggunakan tabir surya atau membatasi lamanya kulit terpapar sinar matahari.

C. Alat Ekskresi pada Hewan

Alat ekskresi pada hewan avertebrata berbeda dengan hewan vertebrata. Pada hewan avertebrata belum terdapat sistem ekskresi. Namun, hewan-hewan avertebrata mempunyai alat dan cara tersendiri dalam melakukan proses ekskresi. Misalnya sel-sel api pada Platyhelminthes, nefridia pada Annelida, dan saluran/pembuluh malpighi pada serangga. Protozoa juga memiliki alat ekskresi berupa vakuola kontraktil.

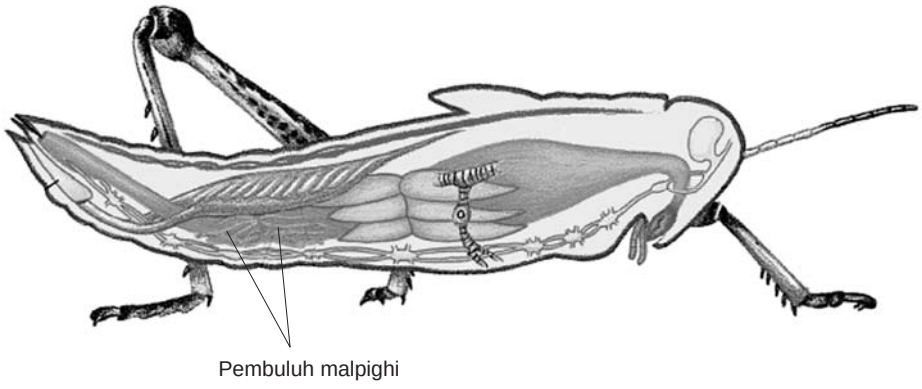
Sistem ekskresi pada vertebrata sudah memiliki alat-alat yang lebih spesifik. Misalnya pisces dan amfibi dengan sepasang ginjal opistonefros, reptilia, aves, dan mamalia dengan sepasang ginjal metanefros. Berikut ini akan dibahas alat ekskresi belalang anggota hewan avertebrata dan alat ekskresi ikan anggota hewan vertebrata.

1. *Alat Ekskresi pada Belalang*

Alat ekskresi belalang adalah *pembuluh Malpighi.* Pembuluh Malpighi yaitu alat pengeluaran yang berfungsi seperti ginjal pada vertebrata. Pembuluh Malpighi berupa kumpulan benang halus yang berwarna putih kekuningan dan pangkalnya melekat pada pangkal dinding usus. Di samping pembuluh Malpighi, serangga juga memiliki sistem trakea untuk mengeluarkan zat sisa hasil oksidasi yang berupa CO_2. Sistem trakea ini berfungsi seperti paru-paru pada vertebrata.

Belalang tidak dapat mengekskresikan amonia dan harus memelihara konsentrasi air di dalam tubuhnya. Amonia yang diproduksinya diubah menjadi bahan yang kurang toksik yang disebut asam urat. Asam urat berbentuk kristal yang tidak larut.

Pembuluh Malpighi terletak di antara usus tengah dan usus belakang. Darah mengalir lewat pembuluh Malpighi. Saat cairan bergerak lewat bagian proksimal pembuluh Malpighi, bahan yang mengandung nitrogen diendapkan sebagai asam urat, sedangkan air dan berbagai garam diserap kembali secara osmosis dan transpor aktif. Asam urat dan sisa air masuk ke usus halus dan sisa air akan diserap lagi. Kristal asam urat dapat diekskresikan lewat anus bersama dengan feses.



Sumber: *www.kentsimmons.uwinnipeg.ca, 2007.*

Gambar 7.8 *Alat ekskresi pada belalang.*

Kegiatan 7.2

Ekskresi Serangga

Tujuan: untuk mengetahui zat yang dikeluarkan oleh serangga.

Alat dan Bahan

1. Stoples kecil
2. Kapas
3. Gunting
4. Pinset
5. Papan bedah
6. Belalang
7. Kloroform

Langkah Kerja

1. Tangkaplah seekor belalang yang panjangnya 4 – 6 cm!
2. Masukkan belalang tersebut ke dalam stoples yang di dalamnya terdapat kapas yang telah diberi kloroform! Diamkan selama 10 – 15 menit!
3. Setelah itu bedah belalang dengan cara meletakkannya di papan bedah! Kemudian gunting dengan hati-hati bagian perut mulai dari anus menuju ke arah dada! Hati-hati

jangan sampai organ dalamnya rusak! Bukalah kulit tubuh belalang hingga tampak organ di dalamnya!

4. Dengan menggunakan pinset amati pembuluh Malpighi! Diskusikan pertanyaan berikut dengan kelompok kalian!

Pertanyaan

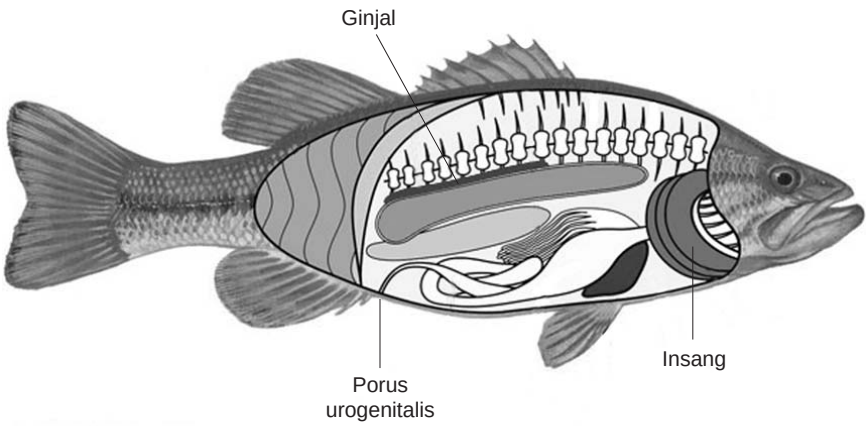
1. Gambarkanlah pembuluh Malpighi yang kalian amati (bentuk dan strukturnya)!
2. Bagaimana hubungan antara sistem pencernaan dan sistem ekskresi pada belalang?

2. *Alat Ekskresi pada Ikan*

Ikan memiliki saluran ginjal dan saluran kelaminnya bermuara dan bersatu pada suatu lubang yang dinamakan urogenital yang terletak di belakang anus. Ikan mengeluarkan zat sisa yang berupa cairan.

Pada ikan yang bernapas dengan insang, urine dikeluarkan melalui kloaka atau porus urogenitalis, dan karbon dioksida dikeluarkan melalui insang. Sedangkan pada ikan yang bernapas dengan paru-paru, karbon dioksida dikeluarkan melalui paru-paru dan urine dikeluarkan melalui kloaka.

Sistem pengeluaran pada ikan air laut dan ikan air tawar sedikit berbeda. Pada ikan air tawar, ginjal mengandung sejumlah besar glomerulus. Penyaringan berjalan cepat kemudian amonia akan dikeluarkan bersama urine yang sangat encer dan banyak. Pada ikan air laut bertulang keras, ginjalnya hanya sedikit mengandung glomerulus. Penyaringan berjalan lambat dan nitrogen sisa berupa urea diekskresikan bersama urine. Urine tersebut hanya sedikit dan bersifat isotonik dengan cairan tubuh.



Sumber: *www.kentsimmons.uwinnipeg.ca, 2007.*

Gambar 7.9 *Alat ekskresi pada ikan.*

Rangkuman

1. Ekskresi merupakan pengeluaran sisa metabolisme yang tidak berguna.
2. Alat pengeluaran pada manusia dan vertebrata terdiri atas ginjal, kulit, paru-paru, dan hati. Sedangkan alat pengeluaran pada hewan yang lebih rendah tingkatannya antara lain berupa buluh Malpighi, nefridia, sel api, dan rongga berdenyut.
3. Sisa metabolisme berupa CO_2, H_2O, NH_3, zat warna empedu, dan asam urat.
4. Nefron merupakan unit terkecil penyusun ginjal. Nefron terdiri atas glomerulus, kapsul Bowman, tubulus kontartus proksimal, lengkung Henle, tubulus kontortus distal, dan tubulus pengumpul. Ginjal mengekskresikan urine.
5. Proses pembentukan urine melalui 3 tahap, yaitu reabsorpsi, filtrasi, dan augmentasi.
6. Paru-paru mengekskresikan air dan karbon dioksida. Kulit mengekskresikan keringat, hati mengekskresikan empedu.
7. Sistem ekskresi dapat mengalami kelainan seperti gagal ginjal, diabetes melitus, batu ginjal, biduran, kanker kulit, dan hepatitis.
8. Belalang memiliki alat ekskresi berupa pembuluh Malpighi.

Uji Kompetensi

I. Pilihan ganda

1. Hati merupakan salah satu alat eksresi yang menghasilkan zat sisa
 a. gas CO_2
 b. asam urat
 c. kolesterol
 d. bilirubin
 e. amoniak

2. *Perhatikan beberapa organ tubuh manusia di bawah ini!*
 1. paru-paru
 2. jantung
 3. ginjal
 4. lambung
 5. limpa

 Di antara organ tersebut yang berfungsi sebagai alat ekskresi adalah
 a. 1 dan 2
 b. 1 dan 3
 c. 2 dan 4
 d. 3 dan 5
 e. 2 dan 5

3. Dari hasil tes urine, ternyata urine Pak Amir mengandung glukosa. Hal ini menunjukkan adanya kelainan fungsi ginjal pada proses
 a. filtrasi
 b. augmentasi
 c. reabsorpsi
 d. defekasi
 e. sekresi
4. *Perhatikan beberapa gangguan berikut ini!*
 1. radang pada nefron
 2. kekurangan hormon antidiuretik
 3. radang pada pankreas
 4. radang pada apendiks

 Gangguan yang menyebabkan gangguan pada fungsi ginjal adalah
 a. 1 dan 2
 b. 3 dan 4
 c. 1 dan 3
 d. 2 dan 3
 e. 1 dan 4
5. *Perhatikan tabel hasil pengujian sampel urine berikut!*

Individu	Warna Awal	Warna Setelah diuji dengan		
		Fehling A + B	Biuret	$AgNO_3$
I	Jernih	Biru Muda	Ungu	Keruh
II	Keruh	Hijau muda	Kekuningan	Keruh
III	Jernih	Merah bata	Kekuningan	Keruh

 Dari data di atas dapat ditentukan bahwa individu I dan III mengalami gangguan/kelainan
 a. albuminuria dan uremia
 b. oligouria dan uremia
 c. uremia dan diabetes insipidus
 d. albuminuria dan diabetes melitus
 e. diabetes melitus dan uremia
6. Hasil pemeriksaan laboratorium, menunjukkan bahwa urine mengandung protein. Fakta ini terjadi sebagai akibat gangguan fungsi
 a. nefron
 b. glomerulus
 c. tubulus kontortus
 d. kapsul Bowman
 e. hormon antidiuretika
7. Organ manusia yang bertanggung jawab mengekskresikan sisa-sisa metabolisme dalam darah adalah
 a. paru-paru dan jantung
 b. ginjal dan lambung
 c. ginjal dan paru-paru
 d. ginjal dan jantung
 e. jantung dan lambung

8. Urine primer dibentuk di dalam
 a. glomerulus
 b. tubulus kontortus proksimal
 c. tubulus kontortus distal
 d. lengkung Henle
 e. kapsul Bowman
9. Ginjal pada ikan termasuk
 a. pronefros
 b. mesonefros
 c. metanefros
 d. opistonefros
 e. nefridium
10. Pada kotoran tokek terdapat bagian yang berwarna putih, bagian tersebut adalah
 a. endapan kapur dari makanan
 b. endapan garam dapur
 c. zat warna empedu
 d. asam urat dari ginjal
 e. urea dari urine
11. Sisa metabolisme lemak yang dikeluarkan dari paru-paru berupa
 a. NH_3
 b. CH_4
 c. CO_2 dan H_2O
 d. N_2 dan O_2
 e. H_2 dan H_2O
12. Pengeluaran keringat pada tubuh manusia dipengaruhi oleh faktor di bawah ini, *kecuali*
 a. emosi
 b. aktivitas tubuh
 c. rangsangan saraf
 d. suhu
 e. umur
13. Di antara kelompok hewan-hewan berikut ini yang memiliki vesica urinaria adalah
 a. ikan, buaya, dan ular
 b. amphibia, aves, dan kadal
 c. ikan, amphibia, dan kura-kura
 d. kura-kura, aves, dan buaya
 e. ular, buaya, dan kadal
14. Kekurangan hormon Antidiuretika (ADH) menyebabkan gangguan
 a. jumlah urine sedikit
 b. jumlah urine banyak
 c. jumlah urine tidak teratur
 d. urine tidak dapat keluar
 e. urine berwarna merah

15. Keadaan di mana nefron meradang, ginjal tidak dapat menjalankan fungsinya sering disebut penyakit
 a. batu ginjal
 b. gagal ginjal
 c. diabetes insipidus
 d. diabetes melitus
 e. edema

II. Uraian

1. Apakah yang dimakud dengan proses defekasi?
2. Terangkan proses terbentuknya urine!
3. Apakah arti pokok keringat bagi tubuh kita?
4. Sebutkan ganguan-gangguan yang terjadi pada ginjal manusia!
5. Sebutkan fungsi hati dan kulit sebagai alat eksresi!

III. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut berdasarkan analisis kalian!

1. Kita sering mendengar bahwa banyak minum air akan menyehatkan ginjal, tetapi justru orang yang menderita penyakit ginjal harus membatasi asupan jumlah air minum. Menurut pendapat kalian, adakah hubungannya antara konsumsi jumlah air minum dengan kesehatan ginjal? Jelaskan pendapat kalian!
2. Kulit kita dapat mengeluarkan sisa-sisa metabolisme tubuh dalam bentuk keringat sehingga tubuh kita tetap sehat. Tetapi keringat yang berlebih dapat menimbulkan masalah kulit misalnya bau badan, panu, dan biang keringat. Bagaimanakah langkah atau usaha kalian untuk menghindari pengeluaran keringat yang berlebih sehingga terhindar dari masalah kulit?

Bab 8

Sistem Regulasi



Kata-Kata Kunci

Saraf
Indra
Hormon
Neuron
Refleks
Otak
Mata
Lidah
Telinga
Kulit
Hidung

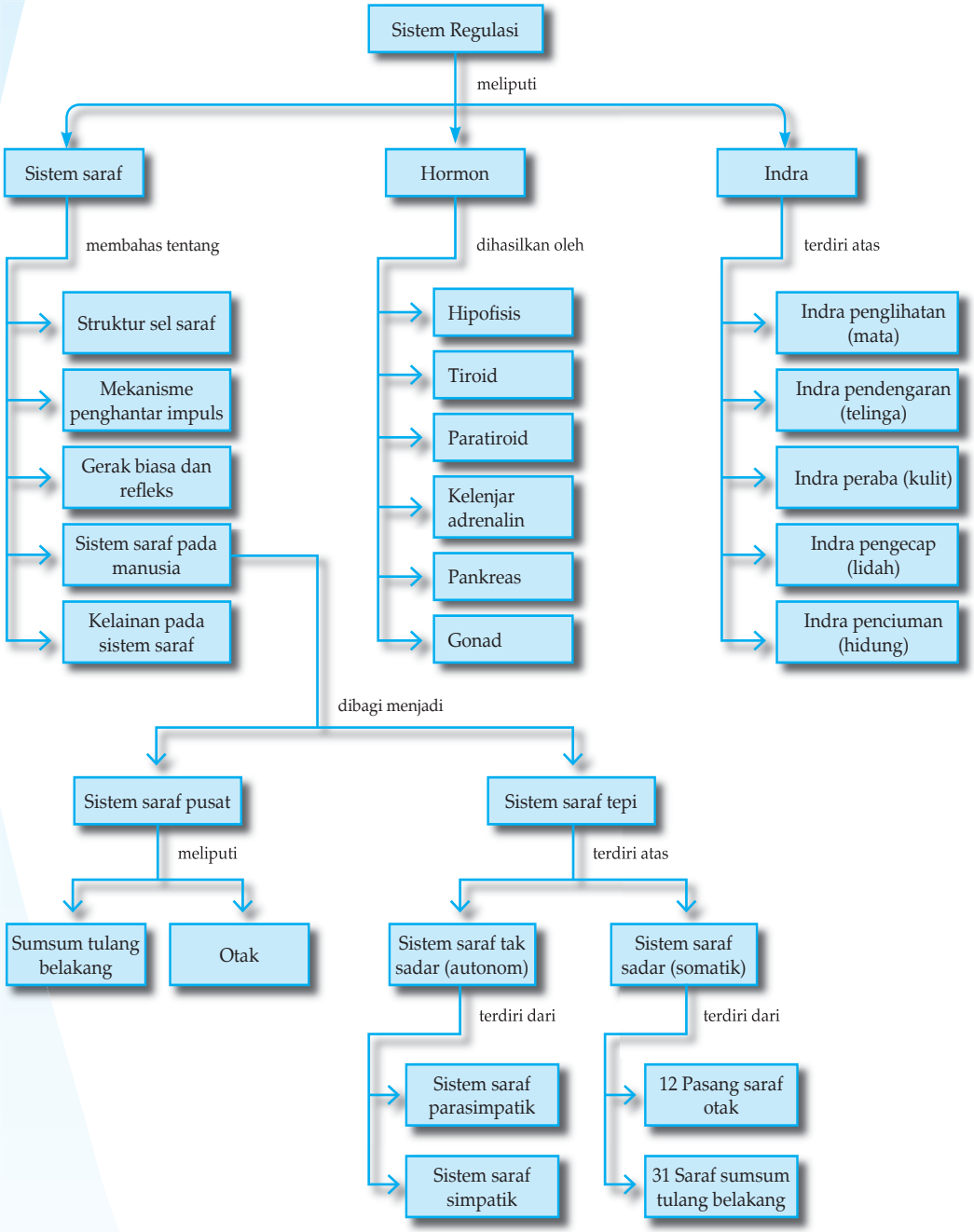
Sumber: *www.news.cornell.edu, 2006.*

Apa jadinya jika tubuh manusia tidak memiliki sistem pengaturan? Tentunya semua aktivitas tubuh kita seperti berjalan, menggerakkan tangan, makan, minum, dan aktivitas lainnya menjadi kacau. Coba kalian menutup mata, apakah kalian dapat mengenal warna benda di depan kalian? Untuk mengenali warna benda kita memerlukan organ-organ tertentu. Lalu organ apa saja yang dapat menjadi alat pengaturan pada tubuh kita?

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi yang terdapat dalam bab ini diharapkan siswa mampu menjelaskan keterkaitan antara struktur, fungsi, dan proses, serta kelainan/penyakit yang dapat terjadi pada sistem regulasi manusia (saraf, endokrin, dan penginderaan).

Peta Konsep

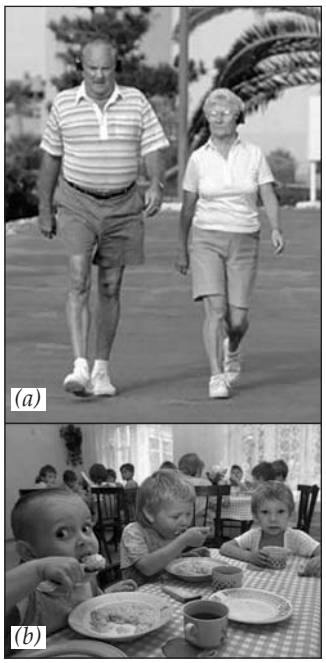

Sistem Regulasi
meliputi
Sistem saraf
Hormon
Indra
membahas tentang
dihasilkan oleh
terdiri atas
Struktur sel saraf
Mekanisme penghantar impuls
Gerak biasa dan refleks
Sistem saraf pada manusia
Kelainan pada sistem saraf
Hipofisis
Tiroid
Paratiroid
Kelenjar adrenalin
Pankreas
Gonad
Indra penglihatan (mata)
Indra pendengaran (telinga)
Indra peraba (kulit)
Indra pengecap (lidah)
Indra penciuman (hidung)
dibagi menjadi
Sistem saraf pusat
Sistem saraf tepi
meliputi
terdiri atas
Sumsum tulang belakang
Otak
Sistem saraf tak sadar (autonom)
Sistem saraf sadar (somatik)
terdiri dari
terdiri dari
Sistem saraf parasimpatik
Sistem saraf simpatik
12 Pasang saraf otak
31 Saraf sumsum tulang belakang

A. Pendahuluan

Tubuh manusia terdiri atas berbagai macam alat tubuh atau organ. Masing-masing organ memiliki fungsi tertentu dalam menunjang aktivitas tubuh. Semua aktivitas tubuh kita seperti berjalan, menggerakkan tangan, mengunyah makanan, dan lainnya, diatur dan dikendalikan oleh satu sistem yang disebut sistem pengatur (regulasi). Sistem pengatur yang ada pada tubuh manusia adalah sistem saraf, sistem endokrin, dan sistem indra kelenjar endokrin.

Sistem saraf memiliki pusat pengaturan yang disebut sistem saraf pusat. Untuk menyampaikan suatu pengaturan, sistem saraf pusat dibantu oleh sistem *saraf tepi*. Fungsi sistem saraf pada manusia adalah sebagai berikut:

1. Mengatur organ-organ atau alat-alat tubuh agar terjadi keserasian kerja.
2. Menerima rangsangan sehingga dapat mengetahui dengan cepat keadaan dan perubahan yang terjadi di lingkungan sekitar.
3. Mengendalikan dan memberikan reaksi terhadap rangsangan yang terjadi pada tubuh.



Sumber: Microsoft Encarta, 2005.

Gambar 8.1 *Aktivitas tubuh kita (a) berjalan, (b) makan, dikendalikan oleh sistem regulasi.*

Sistem kelenjar endokrin akan menghasilkan hormon. Disebut sistem kelenjar endokrin karena organ ini berupa kelenjar yang tidak mempunyai saluran khusus. Hormon yang dihasilkan oleh kelenjar endokrin akan mengatur pertumbuhan, reproduksi, metabolisme, dan tingkah laku.

Sistem indra merupakan alat yang dapat mengatur tubuh kita guna mengenali dunia luar. Seperti saat kalian sedang menonton TV, maka kalian akan menggunakan indra penglihatan (mata) dan pendengaran (telinga) sehingga kalian dapat menikmati acara TV tersebut.

Sungguh sangat bermanfaat sistem regulasi dalam tubuh kita. Coba bayangkan apa yang akan terjadi jika Tuhan menciptakan kita tanpa indra.

B. Sistem Saraf

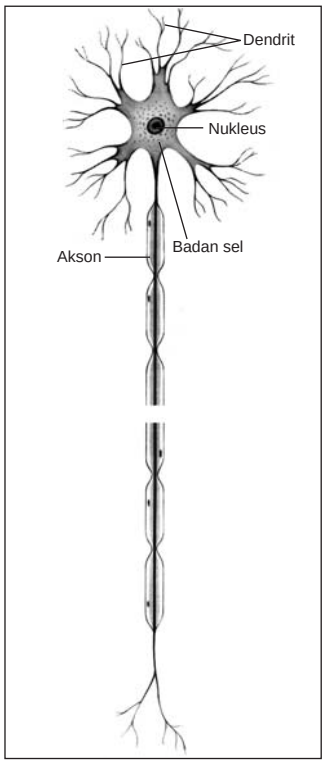
Sistem saraf tersusun atas berjuta-juta sel saraf yang mempunyai bentuk bervariasi. Sistem saraf menerima berjuta-juta informasi yang berasal dari berbagai organ. Semua rangsangan tersebut akan bersatu untuk memberikan respon. Rangsangan dapat berasal dari dalam tubuh dan dari luar tubuh. Untuk bereaksi terhadap rangsangan, tubuh kita memerlukan reseptor, sistem saraf, dan efektor. Dalam kegiatannya, saraf mempunyai hubungan kerja seperti mata rantai (berurutan) antara reseptor, sistem saraf, dan efektor.

Reseptor adalah satu atau sekelompok sel saraf dan sel lainnya yang berfungsi mengenali rangsangan tertentu yang berasal dari luar atau dari dalam tubuh. *Sistem saraf* berperan menerima, mengolah, dan meneruskan hasil olahan rangsangan ke efektor.

Alat penerima rangsang (reseptor) meliputi:
1. Reseptor luar/eksoreseptor, berfungsi menerima rangsang bau, rasa, sentuhan, cahaya, suhu, dan lain-lain.
2. Reseptor dalam/interoreseptor, berfungsi menerima rangsang rasa lapar, kenyang, nyeri, kelelahan, dan lain-lain.

Sistem saraf terdiri atas 3 macam sel, yaitu:
1. Neuron, bertugas mengantarkan impuls.
2. Sel Schwann, merupakan pembungkus sebagian besar akson pada sistem saraf perifer (sistem saraf tepi).
3. Sel penyokong (neuroglia), merupakan sel yang terdapat di antara neuron dan sistem saraf pusat.

Efektor adalah sel atau organ yang menghasilkan tanggapan terhadap rangsangan. Efektor yang berperan penting dalam sistem regulasi adalah otot dan kelenjar.



Sumber: *Ilmu Pengetahuan Populer, Jilid 8, 2004, Hal. 168.*

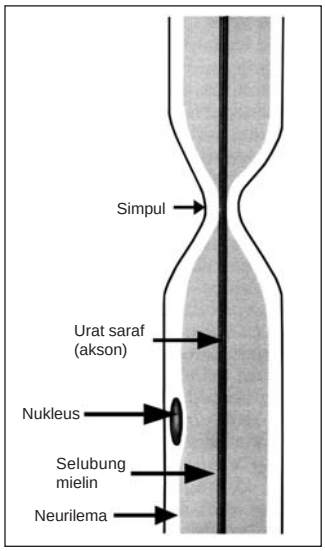
Gambar 8.2 *Struktur Neuron*

1. Struktur Sel Saraf

Sistem saraf terdiri dari jutaan sel saraf (neuron). Fungsi sel saraf adalah mengirimkan pesan (impuls) yang berupa rangsang atau tanggapan.

Setiap neuron terdiri dari satu badan sel yang di dalamnya terdapat sitoplasma dan inti sel. Perhatikan gambar 8.2. Lokasi badan sel terletak di sistem saraf pusat, beberapa ada juga yang terletak di sistem saraf perifer. Di sistem saraf pusat badan sel neuron berkelompok menjadi nukleus, sedangkan badan sel yang berkelompok selain di badan pusat disebut *ganglion*. Dari badan sel keluar dua macam serabut saraf, yaitu *dendrit* dan *akson (neurit).*

Dendrit berfungsi mengirimkan impuls ke badan sel saraf, sedangkan akson berfungsi mengirimkan impuls dari badan sel ke jaringan lain. Akson biasanya sangat panjang. Sebaliknya, dendrit pendek.

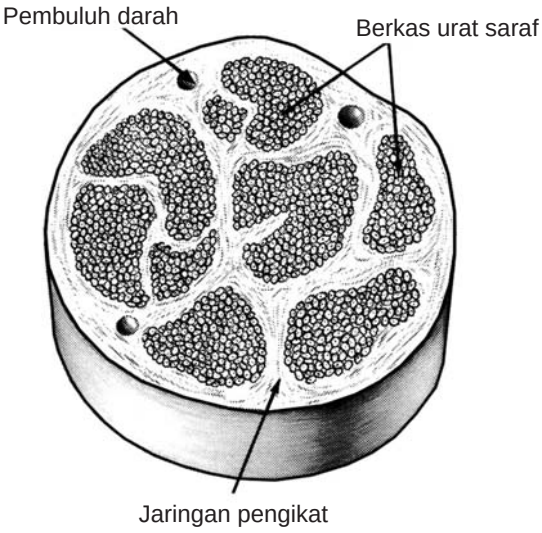


Sumber: *Ilmu Pengetahuan Populer, Jilid 8, 2004, Hal. 168.*

Gambar 8.3 *Akson*

Setiap neuron hanya mempunyai satu akson dan minimal satu dendrit. Perhatikan gambar 8.3. Kedua serabut saraf ini berisi plasma sel. Pada bagian luar akson terdapat lapisan lemak disebut *mielin* yang merupakan kumpulan sel Schwann yang menempel pada akson. *Sel Schwann* adalah sel glia yang membentuk selubung lemak di seluruh serabut saraf mielin. Pada urat saraf yang datang dari otak dan sumsum tulang belakang serta yang menuju ke arah bagian lain dari tubuh, mielin tertutup oleh suatu membran pelindung yang tipis dan semitransparan yang disebut neurilema. Fungsi mielin adalah melindungi akson dan memberi nutrisi. Bagian dari akson yang tidak terbungkus mielin disebut *nodus Ranvier,* yang berfungsi mempercepat penghantaran impuls.

Kelompok-kelompok serabut saraf, akson, dan dendrit bergabung dalam satu selubung dan membentuk urat saraf. Sedangkan badan sel saraf berkumpul membentuk ganglion atau simpul saraf.



Sumber: *Ilmu Pengetahuan Populer, Jilid 8, 2004, Hal. 168.*

***Gambar 8.4** Penampang melintang saraf*

Berdasarkan struktur dan fungsinya, sel saraf dapat dibagi menjadi 3 kelompok, yaitu sel saraf sensori, sel saraf motor, dan sel saraf intermediet (asosiasi).

a. Sel saraf sensori

Fungsi sel saraf sensori adalah menghantar impuls dari reseptor ke sistem saraf pusat, yaitu otak *(ensefalon)* dan sumsum belakang *(medula spinalis).* Ujung akson dari saraf sensori berhubungan dengan saraf asosiasi (*intermediet*).

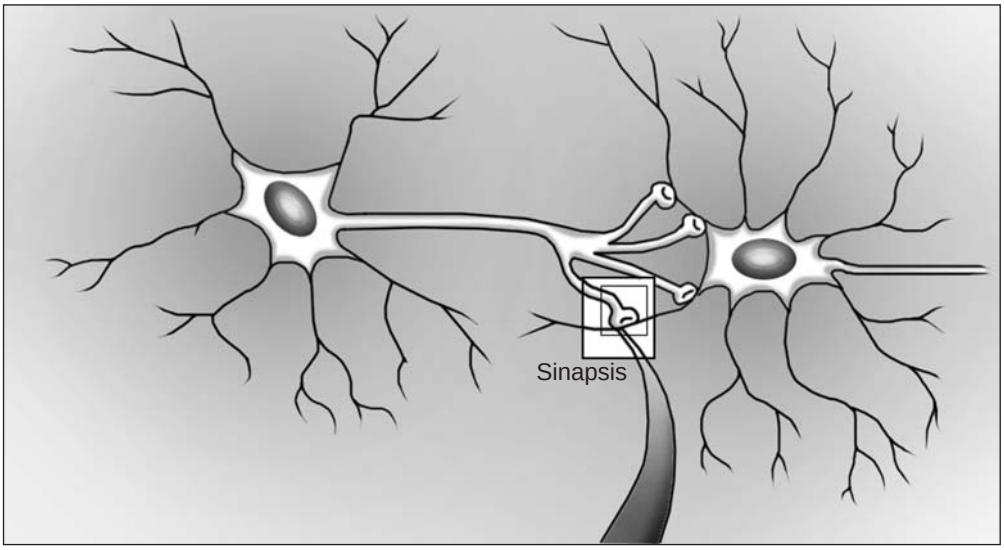
b. Sel saraf motor

Fungsi sel saraf motor adalah mengirim impuls dari sistem saraf pusat ke otot atau kelenjar yang hasilnya berupa tanggapan tubuh terhadap rangsangan. Badan sel saraf motor berada di sistem saraf pusat. Dendritnya

sangat pendek berhubungan dengan akson saraf asosiasi, sedangkan aksonnya dapat sangat panjang.

c. Sel saraf intermediet

Sel saraf intermediet disebut juga *sel saraf asosiasi.* Sel ini dapat ditemukan di dalam sistem saraf pusat dan berfungsi menghubungkan sel saraf motor dengan sel saraf sensori atau berhubungan dengan sel saraf lainnya yang ada di dalam sistem saraf pusat. Sel saraf intermediet menerima impuls dari reseptor sensori atau sel saraf asosiasi lainnya.



Sumber: www.yahoo.com, 2005.

Gambar 8.5 Sinapsis

2. Mekanisme Penghantar Impuls

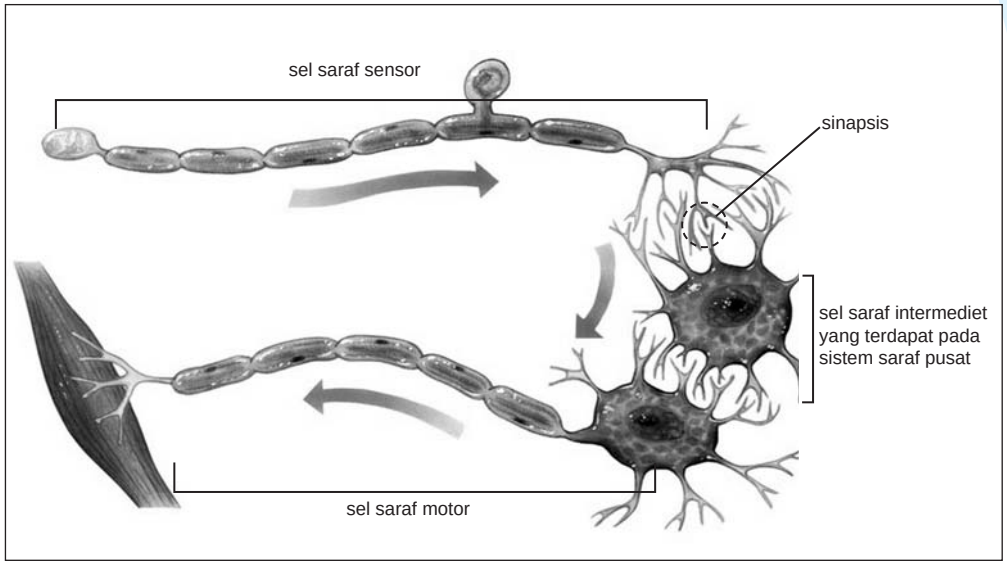
Impuls dapat dihantarkan melalui beberapa cara, di antaranya melalui sel saraf dan sinapsis. Perhatikan gambar 8.5. Berikut ini akan dibahas secara rinci kedua cara tersebut.

a. Penghantaran impuls melalui sel saraf

Penghantaran impuls baik yang berupa rangsangan ataupun tanggapan melalui serabut saraf (akson) dapat terjadi karena adanya perbedaan potensial listrik antara bagian luar dan bagian dalam sel. Pada waktu sel saraf beristirahat, kutub positif terdapat di bagian luar dan kutub negatif terdapat di bagian dalam sel saraf.

Diperkirakan bahwa rangsangan (stimulus) pada indra menyebabkan terjadinya pembalikan perbedaan potensial listrik sesaat. Perubahan potensial ini *(depolarisasi)* terjadi berurutan sepanjang serabut saraf. Kecepatan perjalanan gelombang menyebabkan perbedaan potensial bervariasi antara 1 sampai dengan 120 m per detik, tergantung pada diameter akson dan ada atau tidaknya selubung mielin.

Bila impuls telah lewat, maka untuk sementara serabut saraf tidak dapat dilalui oleh impuls, karena terjadi perubahan potensial kembali seperti semula (potensial istirahat). Untuk dapat berfungsi kembali diperlukan waktu 1/500 sampai 1/1000 detik. Energi yang digunakan dalam proses penghantaran rangsang berasal dari hasil pernapasan sel yang dilakukan oleh mitokondria dalam sel saraf.



Sumber: *Under the Microscope "Brain", 2005, Hal. 12.*

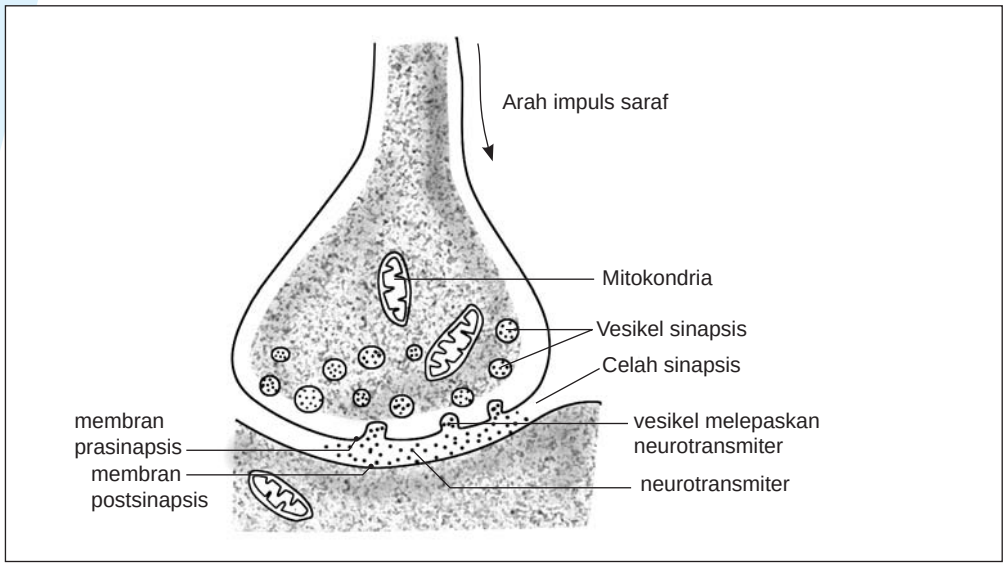
Gambar 8.6 *Impuls saraf.*

Stimulasi yang kurang kuat atau di bawah ambang *(threshold)* tidak akan menghasilkan impuls yang dapat merubah potensial listrik. Tetapi bila kekuatannya di atas ambang, maka impuls akan dihantarkan sampai ke ujung akson. Stimulasi yang kuat dapat menimbulkan jumlah impuls yang lebih besar pada periode waktu tertentu daripada stimulasi yang lemah.

b. Penghantaran impuls melalui sinapsis

Titik temu antara terminal akson salah satu neuron dengan neuron lain dinamakan *sinapsis.* Setiap terminal akson membengkak membentuk tonjolan sinapsis. Di dalam sitoplasma tonjolan sinapsis terdapat struktur kumpulan membran kecil berisi *neurotransmiter* yang disebut *vesikula sinapsis.* Neuron yang berakhir pada tonjolan sinapsis disebut neuron *prasinapsis.* Membran ujung dendrit dari sel berikutnya yang membentuk sinapsis disebut *postsinapsis.* Bila impuls sampai pada ujung neuron, maka vesikula bergerak dan melebur dengan membran prasinapsis. Vesikula akan melepaskan *neurotransmiter* berupa asetilkolin. Neurotransmiter adalah suatu zat kimia yang dapat menyeberangkan impuls dari neuron prasinapsis ke postsinapsis. Neurotransmiter ada bermacam-macam, misalnya asetilkolin yang terdapat di seluruh tubuh, noradrenalin terdapat di sistem saraf simpatik, dan dopamin serta serotonin yang terdapat di otak. Asetilkolin kemudian berdifusi melewati celah sinapsis dan menempel pada reseptor yang terdapat pada membran *postsinapsis*. Penempelan asetilkolin pada reseptor menimbulkan impuls pada

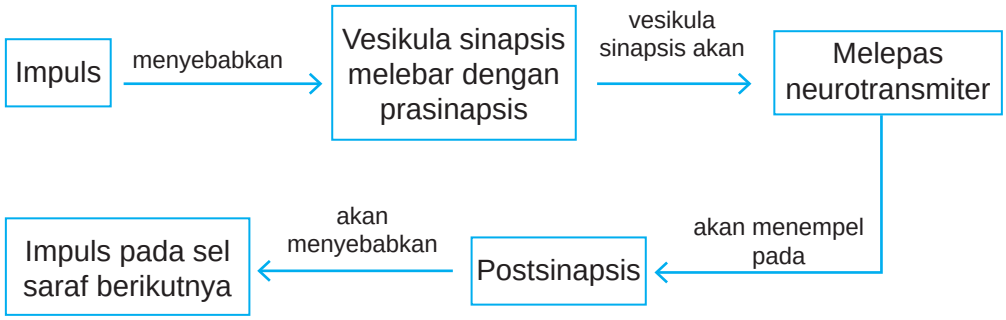
sel saraf berikutnya. Bila asetilkolin sudah melaksanakan tugasnya maka akan diuraikan oleh enzim *asetilkolinesterase* yang dihasilkan oleh membran *postsinapsis*. Perhatikan gambar 8.7.



Sumber: *Kimball, Biologi, Jilid 2, 2006. Hal. 646.*

Gambar 8.7 *Perjalanan impuls melalui sinapsis.*

Skema impuls pada sinapsis adalah sebagai berikut.



Bagaimanakah penghantaran impuls dari saraf motor ke otot? Di antara saraf motor dan otot terdapat sinapsis berbentuk cawan dengan membran prasinapsis dan membran postsinapsis yang terbentuk dari sarkolema yang mengelilingi sel otot. Prinsip kerjanya sama dengan sinapsis saraf-saraf lainnya.

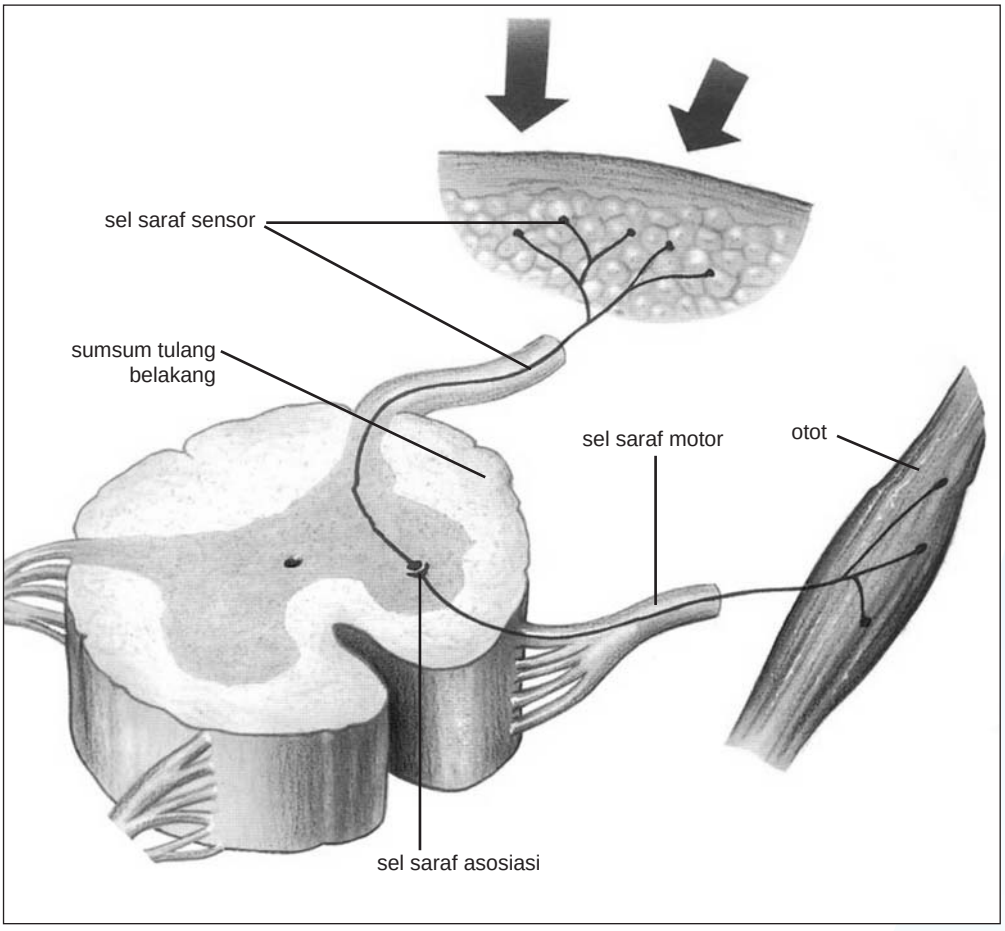
3. *Terjadinya Gerak Biasa dan Gerak Refleks*

Gerak merupakan pola koordinasi yang sangat sederhana untuk menjelaskan penghantaran impuls oleh saraf. Gerak pada umumnya terjadi secara sadar, namun ada pula gerak yang terjadi tanpa disadari, yaitu gerak refleks. Impuls pada gerakan sadar melalui jalan panjang, yaitu dari reseptor

ke saraf sensori dibawa ke otak untuk selanjutnya diolah oleh otak, kemudian hasil olahan oleh otak berupa tanggapan dibawa oleh saraf motor sebagai perintah yang harus dilaksanakan oleh efektor.

Impuls gerak refleks berjalan sangat cepat dan tanggapan terjadi secara otomatis terhadap rangsangan, tanpa memerlukan kontrol dari otak. Jadi dapat dikatakan gerakan terjadi tanpa dipengaruhi kehendak atau tanpa disadari terlebih dahulu. Contoh gerak refleks misalnya berkedip, bersin, atau batuk.

Pada gerak refleks, impuls melalui jalan pendek atau jalan pintas, yaitu dimulai dari diterimanya impuls oleh sel saraf penghubung (asosiasi) tanpa diolah di dalam otak kemudian langsung dikirim tanggapan ke saraf motor untuk disampaikan ke efektor, yaitu otot atau kelenjar. Jalan pintas ini disebut *lengkung refleks.* Perhatikan gambar 8.8. Gerak refleks dapat dibedakan atas refleks otak bila saraf penghubung (asosiasi) berada di dalam otak, misalnya, gerak mengedip atau mempersempit pupil bila ada sinar, dan refleks sumsum tulang belakang bila sel saraf penghubung berada di dalam sumsum tulang belakang, misalnya refleks pada lutut.

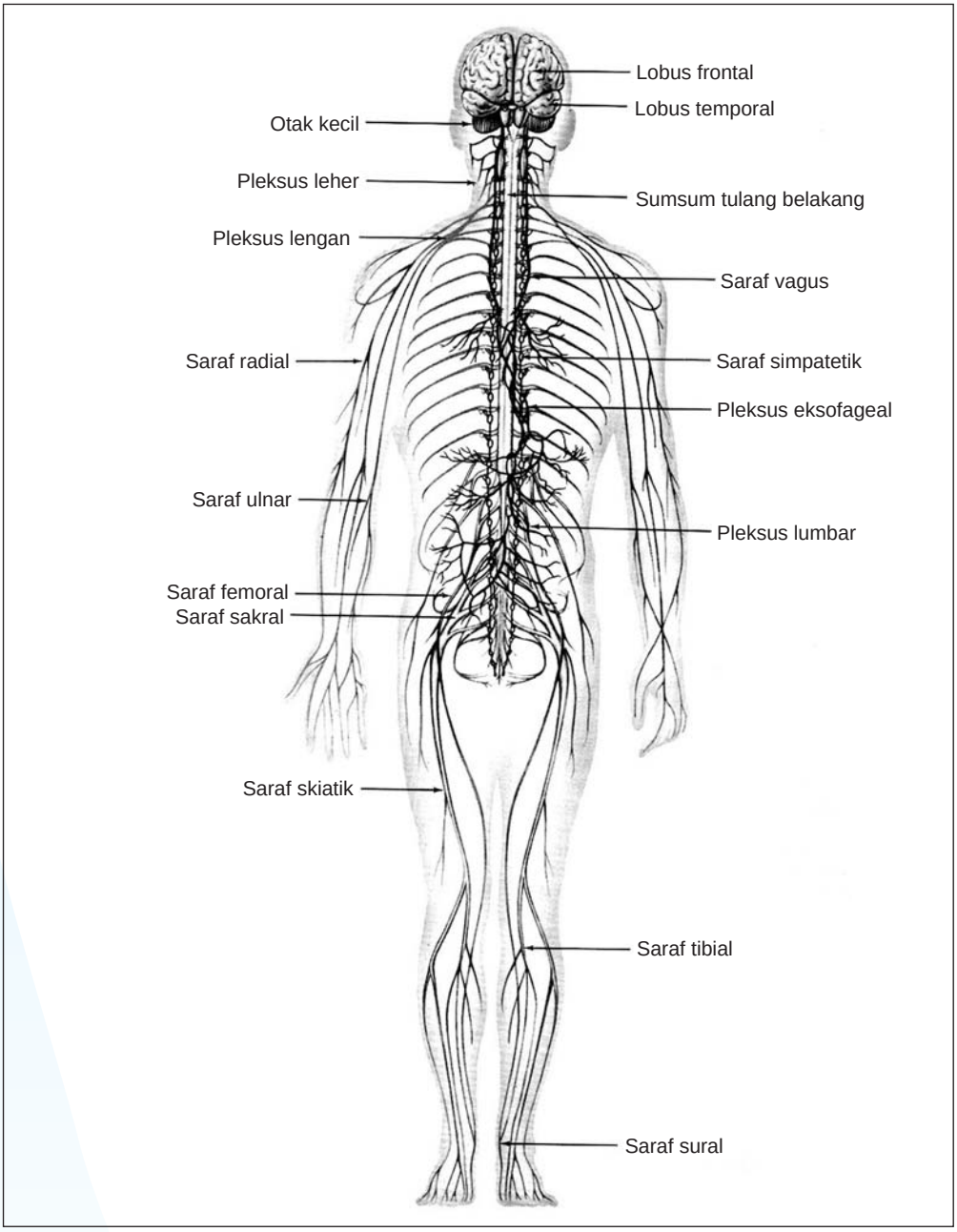


Sumber: *Under the microscope, "Brain", 2005, Hal. 17.*

Gambar 8.8 *Lengkung refleks yang menggambarkan mekanisme jalannya impuls pada lutut yang dipukul.*

4. *Sistem Saraf pada Manusia*

Pada umumnya, saraf manusia dibedakan menjadi sistem saraf pusat dan sistem saraf tepi. Sistem saraf pusat meliputi otak dan sumsum tulang belakang. Perhatikan gambar 8.9. Sistem saraf tepi dibagi menjadi sistem saraf sadar dan sistem saraf tak sadar (autonom). Sedangkan sistem saraf tak sadar (autonom) terdiri dari sistem saraf simpatik dan sistem saraf parasimpatik. Materi berikut akan menjelaskan bagian-bagian tersebut lebih terperinci.

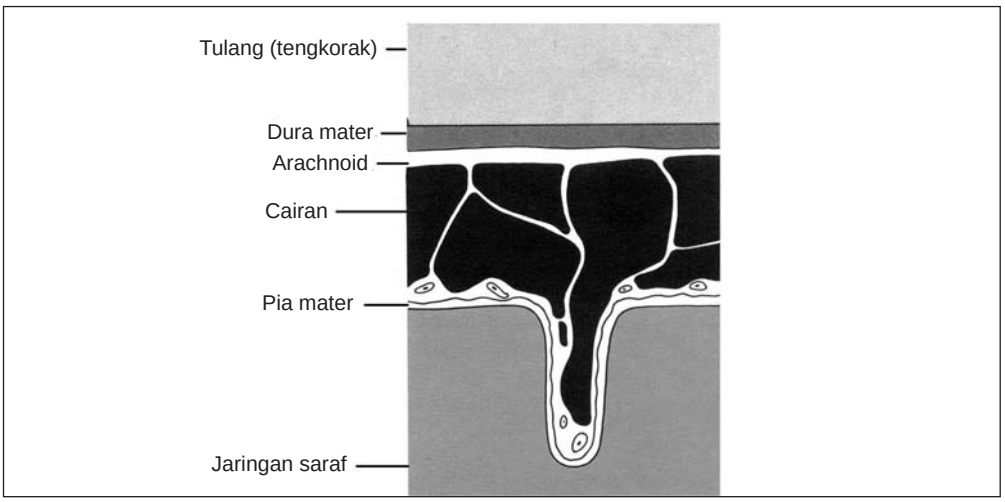


Sumber: *Ilmu Pengetahuan Populer, Jilid 8, 2004, Hal. 179.*

Gambar 8.9 *Sistem saraf manusia.*

a. Sistem saraf pusat

Sistem saraf pusat meliputi otak *(ensefalon)* dan sumsum tulang belakang *(medula spinalis)*. Keduanya merupakan organ yang sangat lunak, dengan fungsi yang sangat penting, sehingga perlu perlindungan. Selain tengkorak dan ruas-ruas tulang belakang, otak juga dilindungi 3 lapisan selaput *meninges*. Bila membran ini terkena infeksi, maka akan terjadi radang yang disebut *meningitis*.



Sumber: *Ilmu Pengetahuan Populer, Jilid 8, 2004, Hal. 187.*

Gambar 8.10 *Selaput meninges otak.*

Ketiga lapisan membran meninges dari luar ke dalam adalah sebagai berikut.

1) *Durameter;* merupakan selaput yang kuat dan bersatu dengan tengkorak.
2) *Arachnoid;* disebut demikian karena bentuknya seperti sarang laba-laba. Di dalamnya terdapat cairan *serebrospinalis;* semacam cairan limfa yang mengisi sela-sela membran Arachnoid. Fungsi selaput Arachnoid adalah sebagai bantalan untuk melindungi otak dari bahaya kerusakan mekanik.
3) *Piameter;* merupakan lapisan yang penuh dengan pembuluh darah dan sangat dekat dengan permukaan otak. Lapisan ini berfungsi untuk memberi oksigen dan nutrisi serta mengangkut bahan sisa metabolisme.

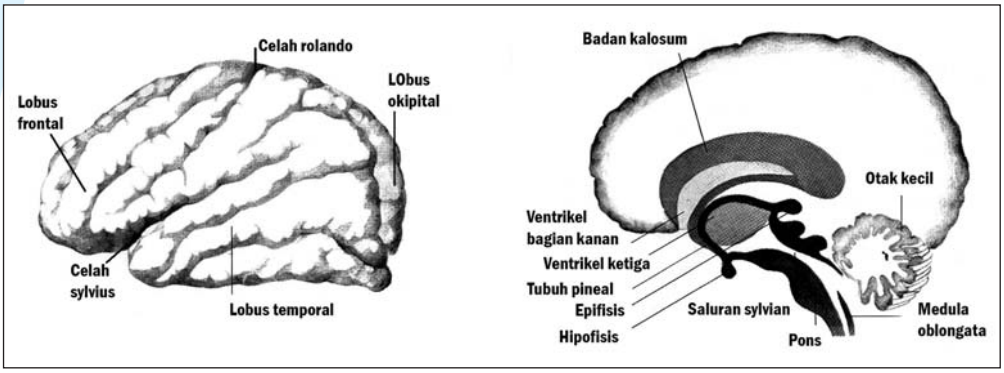
Otak dan sumsum tulang belakang mempunyai 3 materi esensial, yaitu:

1) *Badan sel*, yang membentuk bagian materi kelabu *(substansi grissea)*.
2) *Serabut saraf*, yang membentuk bagian materi putih *(substansi alba)*.
3) *Sel-sel neuroglia*, yaitu jaringan ikat yang terletak di antara sel-sel saraf di dalam sistem saraf pusat.

Walaupun otak dan sumsum tulang belakang mempunyai materi sama tetapi susunannya berbeda. Pada otak, materi kelabu terletak di bagian luar atau kulitnya (korteks) dan bagian putih terletak di tengah. Pada sumsum tulang belakang bagian tengah berupa materi kelabu berbentuk kupu-kupu, sedangkan bagian korteks berupa materi putih.

1) *Otak*

Otak mempunyai lima bagian utama, yaitu: otak besar (serebrum), otak tengah (mesensefalon), otak kecil (serebelum), sumsum sambung (medula oblongata), dan jembatan varol (pons varolii). Perhatikan gambar 8.11.



Sumber: *Ilmu Pengetahuan Populer, Jilid 8, 2004, Hal. 174.*

Gambar 8.11 *Bagian luar otak manusia dan penampang membujur otak.*

a) *Otak besar (serebrum)*

Otak besar mempunyai fungsi dalam pengaturan semua aktivitas mental, yaitu yang berkaitan dengan kepandaian (intelegensi), ingatan (memori), kesadaran, dan pertimbangan.

Otak besar merupakan sumber dari semua kegiatan/gerakan sadar atau sesuai dengan kehendak, walaupun ada juga beberapa gerakan refleks otak. Pada bagian korteks serebrum yang berwarna kelabu terdapat bagian penerima rangsang *(area sensor)* yang terletak di sebelah belakang *area motor* yang berfungsi mengatur gerakan sadar atau merespon rangsangan.



Sumber: *Ilmu Pengetahuan Populer, Jilid 8, 2004, Hal. 175.*

Gambar 8.12 *Daerah indra dan daerah motorik pada otak.*

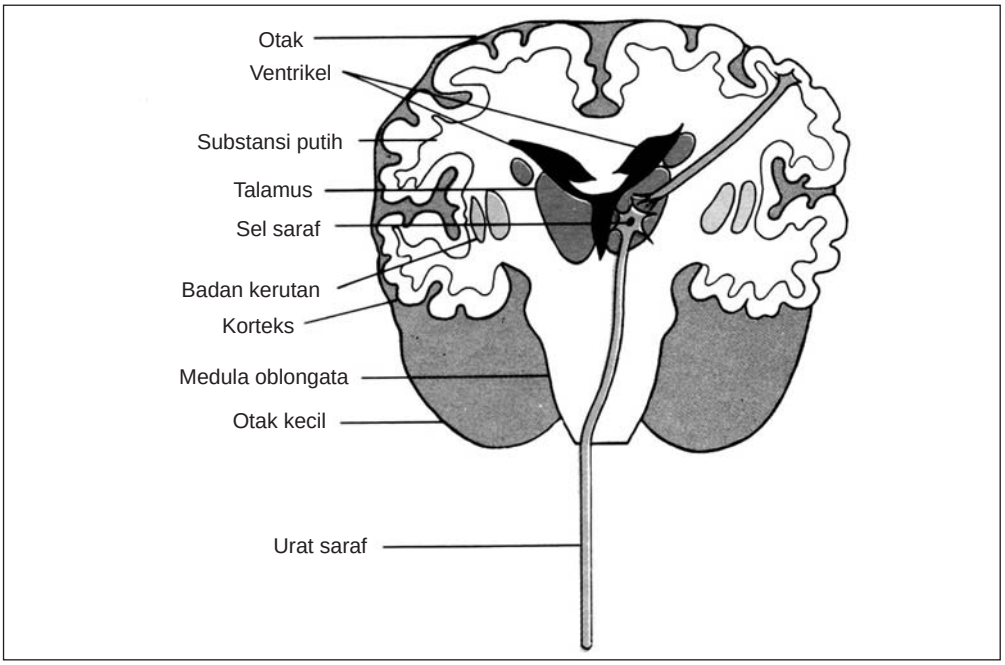
Selain itu, terdapat area asosiasi yang menghubungkan area motor dan sensorik. Area ini berperan dalam proses belajar, menyimpan ingatan, membuat kesimpulan, dan belajar berbagai bahasa. Di sekitar kedua area tersebut adalah bagian yang mengatur kegiatan psikologi yang lebih tinggi. Misalnya bagian depan merupakan pusat proses berpikir, yaitu mengingat, analisis, berbicara, kreativitas, dan emosi. Pusat penglihatan terdapat di bagian belakang.

b) *Otak tengah (mesensefalon)*

Otak tengah terletak di depan otak kecil dan jembatan varol. Di depan otak tengah terdapat talamus dan kelenjar hipofisis yang mengatur kerja kelenjar-kelenjar endokrin. Bagian atas (dorsal) otak

tengah merupakan lobus optikus yang mengatur refleks mata seperti penyempitan pupil mata, dan juga merupakan pusat pendengaran.

c) *Otak kecil (serebelum)*
Serebelum mempunyai fungsi utama dalam koordinasi gerakan otot yang terjadi secara sadar, keseimbangan, dan posisi tubuh. Bila ada rangsangan yang merugikan atau berbahaya, maka gerakan sadar yang normal tidak mungkin dilaksanakan.



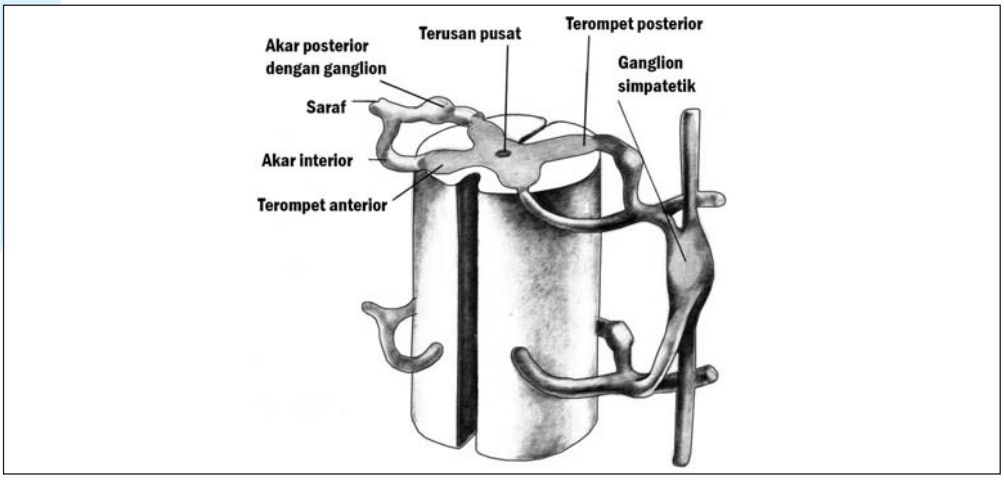
Sumber: *Ilmu Pengetahuan Populer, Jilid 8, 2004, Hal. 176.*

Gambar 8.13 *Perhubungan antara tulang belakang dengan otak.*

d) *Jembatan varol (pons varolii)*
Jembatan varol berisi serabut saraf yang menghubungkan otak kecil bagian kiri dan kanan, juga menghubungkan otak besar dan sumsum tulang belakang.

e) *Sumsum sambung (medula oblongata)*
Sumsum sambung berfungsi menghantar impuls yang datang dari medula spinalis menuju ke otak. Sumsum sambung juga mengatur gerak refleks fisiologi, seperti detak jantung, tekanan darah, volume, dan kecepatan respirasi, gerak alat pencernaan, dan sekresi kelenjar pencernaan. Selain itu, sumsum sambung juga mengatur gerak refleks yang lain, seperti bersin, batuk, dan berkedip.

2) Sumsum tulang belakang (medula spinalis)
Pada penampang melintang sumsum tulang belakang tampak bagian luar berwarna putih, sedangkan bagian dalam berbentuk kupu-kupu dan berwarna kelabu. Perhatikan gambar 8.14.



Sumber: *Ilmu Pengetahuan Populer, Jilid 8, 2004, Hal. 178.*

Gambar 8.14 *Penampang melintang sumsum tulang belakang.*

Pada penampang melintang sumsum tulang belakang ada bagian seperti sayap yang terbagi atas sayap atas disebut *tanduk dorsal* dan sayap bawah disebut *tanduk ventral.* Impuls sensori dari reseptor dihantar masuk ke sumsum tulang belakang melalui tanduk dorsal. Sedangkan impuls motor dihantar keluar dari sumsum tulang belakang melalui tanduk ventral menuju efektor. Pada tanduk dorsal terdapat badan sel saraf penghubung (asosiasi konektor) yang akan menerima impuls dari sel saraf sensori dan akan menghantarkannya ke saraf motor.

Pada bagian putih sumsum tulang belakang terdapat serabut saraf asosiasi. Kumpulan serabut saraf membentuk saraf (urat saraf). Urat saraf yang membawa impuls ke otak merupakan saluran ascenden. Sedangkan urat saraf yang membawa impuls yang berupa perintah dari otak merupakan saluran desenden.

Kegiatan 8.1

Gerak Refleks

Tujuan: memahami gerak refleks pada manusia.

Alat dan Bahan

1. Palu karet
2. Es batu
3. Kantung plastik

Cara Kerja

1. Masukkan es batu ke dalam kantung plastik, kemudian tempelkan kantung tersebut ke pipi teman kalian!

a. Amati dan catat reaksi yang terjadi pada teman kalian!
b. Apakah reaksi yang terjadi pada teman kalian tersebut disadari?

Catatlah data yang kalian peroleh!

2. Pukullah lutut teman kalian dengan menggunakan palu karet! (Lakukan dengan hati-hati, jangan terlalu keras!) Lakukan hal yang sama pada cara kerja nomor 1, kemudian catatlah data yang kalian peroleh!

Pertanyaan

1. Amati dan catat reaksi yang terjadi setelah lutut dipukul!
2. Sadarkah teman kalian ketika melakukan reaksi tersebut?
3. Dari kedua kegiatan tersebut, buatlah laporan hasil percobaan kalian!
4. Berikan contoh-contoh lain tentang peristiwa sehari-hari yang menunjukkan gerak refleks!

b. Sistem saraf tepi

Sistem saraf tepi pada dasarnya adalah lanjutan dari neuron yang bertugas membawa impuls saraf menuju ke dan dari sistem saraf pusat. Dilihat dari arah impuls yang dibawanya, sistem saraf tepi dibedakan atas:

1) *Sistem saraf aferen*, yang membawa impuls saraf dari reseptor menuju ke sistem saraf pusat.
2) *Sistem saraf eferen*, yang membawa impuls saraf dari sistem saraf pusat ke efektor.

Sistem saraf tepi meliputi sistem saraf sadar (somatik) dan sistem saraf tak sadar (autonom).

1) Sistem saraf sadar (somatik)

Sistem saraf sadar (somatik) terdiri dari 12 pasang saraf otak dan 31 pasang saraf sumsum tulang belakang. Dua belas pasang saraf otak itu antara lain:

a) Nervus olfaktori, saraf sensorik selaput lendir hidung.
b) Nervus optik, saraf sensorik retina mata.
c) Nervus okulomotor, saraf sensorik proprioseptor otot bola mata.
d) Nervus troklear, saraf sensorik proprioseptor.
e) Nervus trigeminal, saraf sensorik gigi dan kulit muka.
f) Nervus abdusen, saraf sensorik proprioseptor otot bola mata.
g) Nervus fasial, saraf sensorik ujung pengecap di ujung lidah.
h) Nervus auditori, saraf sensorik koklea dan saluran semiserkuler.
i) Nervus glosofaring, saraf sensorik ujung pengecap di lidah belakang.
j) Nervus vagus, saraf sensorik alat dalam (paru dan lambung).
k) Nervus spinal, saraf sensorik otot di belikat.
l) Nervus hipoglosal, saraf sensorik otot lidah.

2) *Sistem saraf tak sadar*

Sistem saraf tak sadar disebut juga saraf autonom, karena bekerja tanpa diperintah oleh sistem saraf pusat. Sistem saraf otonom mengontrol kegiatan organ-organ dalam, misalnya kelenjar keringat, otot perut, paru-paru, jantung, otot polos, sistem pencernaan, dan otot polos pembuluh darah. Susunan saraf otonom bersifat motorik atau digolongkan ke dalam saraf eferen.

Berdasarkan sifat kerjanya, sistem saraf otonom dibedakan menjadi:

a) *Saraf simpatik*

Saraf simpatik memiliki ganglion yang terletak di sepanjang tulang punggung dan menempel pada sumsum tulang belakang. Saraf simpatik memiliki serabut praganglion yang pendek dan serabut pascaganglion yang panjang.

b) *Saraf parasimpatik*

Saraf parasimpatik memiliki serabut praganglion panjang dan serabut pascaganglion pendek. Susunan saraf parasimpatik berupa susunan saraf yang berhubungan dengan ganglion-ganglion yang tersebar di seluruh tubuh. Fungsi saraf parasimpatik merupakan kebalikan dari fungsi saraf parasimpatik.

Profil

Theodor Schwann



Theodor Schwann (7 Desember 1810 – 11 Januari 1882) merupakan seorang ahli psikologi histologi dan sitologi dari Jerman. Beberapa kontribusinya pada ilmu biologi antara lain, teori sel, penemuan sel Schwann dalam sistem saraf, penemuan dan pembelajaran pepsin, penemuan sifat dasar organik ragi, dan hasil penemuan istilah metabolisme.

Dia belajar di Universitas Jesuits kemudian pindah ke Bonn, kemudian dia pindah ke Qurzburg untuk melanjutkan kuliah kedokterannya, kemudian ke Berlin untuk menamatkannya pada tahun 1834. Tahun 1828 dia ditunjuk sebagai kepala anatomi di Roman Catholic University of Louvain, di Louvain, Belgia, selama 9 tahun. Tahun 1847 dia menjadi profesor di Liege, sampai dia meninggal pada 1882.

Schwann menjadi profesor di Universitas Louvin Belgia pada tahun 1838, dan Liege di tahun 1834. Di sana dia menemukan antara lain: bahwa gula dan fermentasi kanji merupakan hasil dari proses kehidupan, penelitian kontraksi otot dan struktur saraf, dan penemuan otot dari bagian atas kerongkongan dan lapisan mielin dari sekeliling akson yang disebut sel Schwann. Dia menyebut metabolisme untuk mendiskripsikan perubahan kimia yang berada di jaringan otot dan merumuskan prinsip dasar embriologi dengan pengamatan bahwa sebuah telur adalah satu-satunya sel yang akan berkembang menjadi organisme yang utuh.

Sumber: www.biocrawler.com, 2007.

Tabel 8.1 Fungsi Saraf Simpatik dan Saraf Parasimpatik

Bagian Tubuh yang Dipengaruhi	Fungsi Saraf Simpatik	Fungsi Saraf Parasimpatik
Jantung	Mempercepat denyut jantung	Memperlambat denyut jantung
Pupil	Memperlebar pupil	Memperkecil pupil
Pencernaan Makanan	Memperlambat proses pencernaan	Mempercepat proses pencernaan
Bronkus	Memperkecil bronkus	Memperbesar bronkus
Arteri	Memperkecil diameter pembuluh	Memperbesar diameter pembuluh
Kantung kemih	Mengembangkan kantung kemih	Mengerutkan kantung kemih

5. *Kelainan pada Sistem Saraf*

Kelainan pada sistem saraf dapat terjadi karena adanya kerusakan pada sistem saraf akibat luka, penggunaan obat-obatan, atau kerusakan yang bersifat genetik. Berikut ini dijelaskan beberapa jenis kelainan pada sistem saraf yang sering dijumpai.

a. Parkinson

Penyebab penyakit ini adalah ketidak-seimbangan kimia dalam sistem saraf. Parkinson diperkirakan bersifat genetik dan dapat pula disebabkan oleh pukulan keras pada kepala. Penyakit ini umumnya diderita oleh orang yang berusia di atas 60 tahun. Tetapi belakangan ini banyak ditemukan pada orang dewasa di bawah usia 60 tahun. Salah satu penyebabnya adalah paparan terhadap herbisida secara berlebihan.



Sumber: *www.wikipedia.org, 2006.*
Gambar 8.15 *Muhammad Ali, salah satu penderita parkinson.*

Gejala-gejala parkinson atara lain kontraksi otot tak terkendali pada leher, bahu, dan bibir. Penderita mengalami tremor (gerak tak terkendali) pada kepala, tangan, dan kaki.

b. Multipel Sklerosis

Multiple Sklerosis adalah keadaan terjadinya degenerasi mielin pada sistem saraf pusat. Adanya penghantaran impuls saraf menjadi terhambat dan terjadi gejala seperti hilangnya koordinasi tubuh, gangguan penglihatan, dan gangguan bicara. Penyakit ini dapat berkembang perlahan tetapi dapat pula menyerang secara tiba-tiba. Penyebabnya diperkirakan berupa kerentanan yang bersifat genetik, infeksi virus, dan gangguan sistem kekebalan tubuh.

c. *Polio*

Penyakit ini disebabkan oleh infeksi virus polio pada sumsum tulang belakang. Virus ini menyerang anak-anak, menimbulkan demam, dan sakit kepala yang berakhir pada hilangnya refleks, kelumpuhan, dan mengecilnya otot. Bila sudah terjadi, polio tidak dapat diobati, tetapi penyakit ini dapat dicegah dengan imunisasi polio.



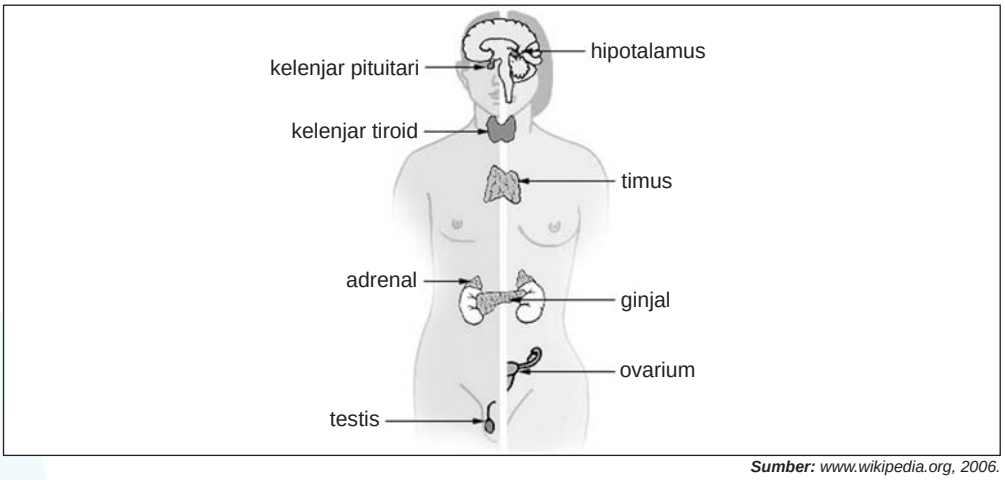
Sumber: www.wikipedia.org, 2006.

Gambar 8.16 *Salah satu penderita polio.*

Di Indonesia virus polio muncul di Sukabumi pada tahun 2005. Kemunculan virus polio ini sangat mengejutkan, karena semenjak diadakannya imunisasi polio pada anak-anak baru pada tahun tersebut terdapat anak yang menderita polio dalam jumlah besar. Diduga virus yang menyerang adalah jenis virus polio liar.

C. Hormon

Hormon adalah zat kimia yang dihasilkan oleh kelenjar endokrin atau kelenjar buntu. Kelenjar ini merupakan kelenjar yang tidak mempunyai saluran sehingga sekresinya akan masuk aliran darah dan mengikuti peredaran darah ke seluruh tubuh. Apabila sampai pada suatu organ target, maka hormon akan merangsang terjadinya perubahan. Pada umumnya pengaruh hormon berbeda dengan saraf. Hormon mengatur aktivitas seperti metabolisme, reproduksi, dan pertumbuhan.



Sumber: www.wikipedia.org, 2006.

Gambar 8.17 *Letak kelenjar endokrin manusia.*

Perubahan yang dikontrol oleh hormon biasanya merupakan perubahan yang memerlukan waktu panjang, yaitu pada hitungan bulan bahkan tahun. Misalnya pada pertumbuhan dan pemasakan seksual. Hal ini dapat dilihat pada proses munculnya tanda-tanda kelamin sekunder pada laki-laki. Tanda-tanda kelamin sekunder pada laki-laki muncul setelah menginjak masa pubertas dan berjalan perlahan. Tanda-tanda kelamin sekunder ini dipengaruhi hormon

testosteron. Tetapi hormon dapat juga berpengaruh dalam waktu pendek, misalnya dalam hitungan detik, jam, hari, ataupun minggu. Hal ini dapat dilihat ketika kita mengalami kejadian yang menakutkan. Saat kejadian menakutkan terjadi maka kita akan berusaha menghindarinya, salah satunya dengan berlari. Saat berlari tanpa terasa kita telah dibantu kerja hormon adrenalin yang mempertinggi frekuensi dan memperkuat denyut jantung.

Hormon yang dihasilkan oleh kelenjar endokrin mengikuti peredaran darah ke seluruh tubuh, tetapi hanya sel yang mengandung reseptor yang khusus terhadap hormon tersebut yang akan terpengaruh. Kadar hormon dalam darah sangat rendah, karena hormon yang dihasilkan oleh kelenjar endokrin sangat sedikit. Adapun ciri-ciri hormon adalah sebagai berikut:

- Diproduksi dan disekresikan ke dalam darah oleh sel kelenjar endokrin dalam jumlah yang sangat sedikit.
- Diangkut oleh darah menuju ke sel/jaringan target.
- Mengadakan interaksi dengan reseptor khusus yang terdapat di sel target.
- Mempunyai pengaruh mengaktifkan enzim khusus.
- Mempunyai pengaruh tidak hanya terhadap satu sel target tetapi dapat juga memengaruhi beberapa sel target yang berlainan.

1. *Kelenjar Endokrin dan Hormon yang Dihasilkan*

Dalam tubuh manusia ada tujuh kelenjar endokrin yang penting, yaitu hipofisis, tiroid, paratiroid, kelenjar adrenalin (anak ginjal), pankreas, ovarium, dan testis. Berikut ini akan dibahas lebih rinci tiap-tiap kelenjar tersebut.

a. Hipofisis

Kelenjar ini terletak pada dasar otak besar dan menghasilkan bermacam-macam hormon yang mengatur kegiatan kelenjar lainnya. Oleh karena itu, kelenjar hipofisis disebut kelenjar pengendali (*master of gland)*. Kelenjar hipofisis dibagi menjadi tiga bagian, yaitu bagian anterior, bagian tengah, dan bagian posterior.

1) Hipofisis bagian anterior



Sumber: www.yahoo.com

Gambar 8.18 *(a) Akromegali, (b) gigantisme.*

Hipofisis menghasilkan bermacam-macam hormon yang mengatur kegiatan kelenjar lainnya. Oleh karena itu kelenjar hipofisis disebut sebagai kelenjar pengendali kelenjar lainnya *(master of gland)*.

Hormon yang dihasilkan kelenjar hipofisis bagian anterior dan fungsinya dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 8.2 Macam-Macam Fungsi Hormon yang Dihasilkan oleh Kelenjar Hipofisis Bagian Anterior dan Fungsinya

No.	Hormon yang Dihasilkan	Fungsi dan Gangguannya
1.	Hormon somatotropin (STH), hormon pertumbuhan (*Growth Hormone*/GH)	Merangsang sintesis protein dan metabolisme lemak, serta merangsang pertumbuhan tulang (terutama tulang pipa) dan otot. Kekurangan hormon ini pada anak-anak menyebabkan pertumbuhannya terhambat atau kerdil (kretinisme). Bila kelebihan akan menyebabkan perumbuhan raksasa (gigantisme). Jika kelebihan terjadi pada saat dewasa akan menyebabkan pertumbuhan tidak seimbang pada tulang jari tangan, jari kaki, rahang, ataupun tulang hidung yang disebut akromegali.
2.	Hormon tirotropin atau Thyroid Stimulating Hormone (TSH)	Mengontrol pertumbuhan dan perkembangan kelenjar gondok atau tiroid serta merangsang sekresi tiroksin.
3.	Adrenocorticotropic Hormone (ACTH)	Mengontrol pertumbuhan dan perkembangan aktivitas kulit ginjal dan merangsang kelenjar adrenal untuk mensekresikan glukokortikoid (hormon yang dihasilkan untuk metabolisme karbohidrat).
4.	Prolaktin (PRL) atau Lactogenic Hormone (LTH)	Memelihara korpus luteum (kelenjar endokrin sementara pada ovarium) untuk memproduksi progesteron dan air susu ibu
5.	Hormon gonadotropin pada wanita meliputi: • Follicle Stimulating Hormone (FSH) • Lutenizing Hormone (LH)	Merangsang pematangan folikel dalam ovarium dan menghasilkan hormon estrogen. Memengaruhi pematangan folikel dalam ovarium dan menghasilkan hormon progesteron.
6.	Hormon gonadotropin pada pria meliputi: • FSH • Interstitial Cell Stimulating Hormone (ICTH)	Merangsang terjadinya spermatogenesis (proses pematangan sperma). Merangsang sel-sel interstisial testis untuk memproduksi testoteron dan androgen.

Sumber: www.free.vlsm.org, 2006.

2) Hipofisis bagian tengah

Kelenjar ini menghasilkan hormon perangsang melanosit atau *melanosit stimulating hormone* (MSH). Apabila hormon ini banyak dihasilkan maka menyebabkan kulit menjadi hitam. Sekresi MSH juga dirangsang oleh faktor pengatur yang disebut faktor perangsang pelepasan hormon melanosit dan dihambat oleh faktor inhibisi hormon melanosit (MIF).

3) *Hipofisis bagian posterior*

Hipofisis bagian posterior menghasilkan oksitosin dan vasopresin. Oksitosin berperan dalam merangsang otot polos yang terdapat di uterus, sedangkan vasopresin disebut juga hormon antidiuretik (ADH) berpengaruh pada proses reabsorpsi urine pada tubulus distal sehingga mencegah pengeluaran urine yang terlalu banyak.

b. *Tiroid (kelenjar gondok)*

Tiroid merupakan kelenjar yang berbentuk cuping kembar dan di antara keduanya terdapat daerah yang tersusun berlapis seperti susunan genting pada atap rumah. Kelenjar ini terdapat di bawah jakun di depan trakea. Kelenjar tiroid menghasilkan hormon tiroksin yang memengaruhi metabolisme sel tubuh dan pengaturan suhu tubuh.



Sumber: www.theminiman.co.uk, 2006.

Gambar 8.19 *Kretinisme karena kekurangan hormon tiroksin.*

Tiroksin mengandung banyak yodium. Kekurangan yodium dalam makanan dalam waktu panjang mengakibatkan pembesaran kelenjar gondok karena kelenjar ini harus bekerja keras untuk membentuk tiroksin. Kekurangan tiroksin menurunkan kecepatan metabolisme sehingga pertumbuhan lambat dan kecerdasan menurun. Bila ini terjadi pada anak-anak mengakibatkan *kretinisme*, yaitu kelainan fisik dan mental yang menyebabkan anak tumbuh kerdil dan idiot. Kekurangan yodium yang masih ringan dapat diperbaiki dengan menambahkan garam yodium di dalam makanan.

Produksi tiroksin yang berlebihan menyebabkan penyakit eksoftalmik tiroid *(Morbus Basedowi)* dengan gejala sebagai berikut; kecepatan metabolisme meningkat, denyut nadi bertambah, gelisah, gugup, dan merasa demam. Gejala lain yang nampak adalah bola mata menonjol keluar (eksoftalmus) dan kelenjar tiroid membesar.

c. *Paratiroid/kelenjar anak gondok*

Paratiroid menempel pada kelenjar tiroid. Kelenjar ini menghasilkan parathormon yang berfungsi mengatur kandungan fosfor dan kalsium dalam darah. Kekurangan hormon ini menyebabkan *tetani* dengan gejala: kadar kapur dalam darah menurun, kejang di tangan dan kaki, jari-jari tangan membengkok ke arah pangkal, gelisah, sukar tidur, dan kesemutan.

Tumor paratiroid menyebabkan kadar parathormon terlalu banyak di dalam darah. Hal ini mengakibatkan terambilnya fosfor dan kalsium dalam tulang, sehingga urine banyak mengandung kapur dan fosfor. Pada orang yang terserang penyakit ini tulang mudah sekali patah. Penyakit ini disebut *von Recklinghousen.*

d. Kelenjar adrenal/suprarenal/anak ginjal

Kelenjar ini berbentuk bola, menempel pada bagian atas ginjal. Pada setiap ginjal terdapat satu kelenjar suprarenal yang dibagi menjadi dua bagian, yaitu bagian luar (korteks) dan bagian tengah (medula).

Kelenjar bagian korteks menghasilkan hormon kortison yang terdiri atas mineralokortikoid yang membantu metabolisme garam natrium dan kalium serta menjaga keseimbangan hormon seks; dan glukokortikoid yang berfungsi membantu metabolisme karbohidrat.

Kelenjar bagian medula menghasilkan hormon adrenalin dan hormon noradrenalin. Hormon adrenalin menyebabkan meningkatnya denyut jantung, kecepatan pernapasan, dan tekanan darah (menyempitkan pembuluh darah). Hormon noradrenalin bekerja secara antagonis terhadap adrenalin, yaitu berfungsi menurunkan tekanan darah dan denyut jantung.

Kerusakan pada bagian korteks mengakibatkan penyakit *Addison* dengan gejala-gejala: timbul kelelahan, nafsu makan berkurang, mual, muntah-muntah, terasa sakit di dalam tubuh. Dalam keadaan ketakutan atau dalam keadaan bahaya, produksi adrenalin meningkat sehingga denyut jantung meningkat dan memompa darah lebih banyak. Gejala lainnya adalah melebarnya saluran bronkiolus, melebarnya pupil mata, kelopak mata terbuka lebar, dan diikuti dengan rambut berdiri.

e. Pankreas

Ada beberapa kelompok sel pada pankreas yang dikenal sebagai *pulau Langerhans*. Bagian ini berfungsi sebagai kelenjar endokrin yang menghasilkan hormon insulin. Hormon ini berfungsi mengatur konsentrasi glukosa dalam darah. Kelebihan glukosa akan dibawa ke sel hati dan selanjutnya akan dirombak menjadi glikogen untuk disimpan. Kekurangan hormon ini akan menyebabkan penyakit diabetes yang ditandai dengan meningkatnya kadar glukosa dalam darah. Kelebihan glukosa tersebut dikeluarkan bersama urine. Tanda-tanda diabetes melitus yaitu sering mengeluarkan urine dalam jumlah banyak, sering merasa haus dan lapar, serta badan terasa lemas. Selain menghasilkan insulin, pankreas juga menghasilkan hormon glukagon yang bekerja antagonis dengan hormon insulin.

f. Hormon yang dihasilkan kelenjar gonad

Pada manusia, gonad atau kelenjar seks berbeda antara laki-laki dan perempuan. Pada laki-laki disebut testis, sedangkan pada perempuan disebut ovarium. Testis dan ovarium mensekresikan hormon seks yang berperan dalam produksi sel-sel kelamin.

1) *Ovarium*

Ovarium merupakan organ reproduksi wanita. Selain menghasilkan sel telur, ovarium juga menghasilkan hormon. Ada dua macam hormon yang dihasilkan ovarium yaitu:

a) *Estrogen*

Hormon ini dihasilkan oleh Folikel de Graaf. Pembentukan estrogen dirangsang oleh FSH. Fungsi estrogen adalah menimbulkan dan

mempertahankan tanda-tanda kelamin sekunder pada wanita. Tanda-tanda kelamin sekunder adalah ciri-ciri yang dapat membedakan wanita dengan pria tanpa melihat kelaminnya. Contohnya, perkembangan pinggul, payudara, dan kulit menjadi bertambah halus.

b) *Progesteron*
Hormon ini dihasilkan oleh korpus luteum. Pembentukannya dirangsang oleh LH. Progesteron berfungsi menyiapkan dinding uterus agar dapat menerima telur yang sudah dibuahi.

2) *Testis*
Seperti halnya ovarium, testis adalah organ reproduksi khusus pada pria. Selain menghasilkan sperma, testis berfungsi sebagai kelenjar endokrin yang menghasilkan hormon androgen, yaitu testosteron. Testosteron berfungsi menimbulkan dan memelihara kelangsungan tanda-tanda kelamin sekunder. Misalnya suara yang membesar, mempunyai kumis, dan jakun.

2. *Faktor-Faktor Pengatur Sekresi Hormon*

Ada dua faktor yang berfungsi mengatur sekresi hormon, yaitu saraf dan faktor bahan kimia.

a. Faktor saraf

Bagian medula kelenjar suprarenal mendapat pelayanan dari saraf otonom. Oleh karena itu sekresinya diatur oleh saraf otonom.

b. Faktor kimia

Susunan bahan kimia atau hormon lain dalam aliran darah memengaruhi sekresi hormon tertentu. Contohnya, sekresi insulin dipengaruhi oleh jumlah glukosa di dalam darah.

D. Sistem Indra

Alat indra merupakan suatu alat tubuh yang mampu menerima rangsang tertentu. Indra mempunyai sel-sel reseptor khusus untuk mengenali perubahan lingkungan sehingga fungsi utama indra adalah mengenal lingkungan luar atau berbagai rangsang dari lingkungan di luar tubuh kita. Dengan memiliki indra kita mampu mengenal lingkungan dan menanggapi perubahan-perubahan yang terjadi di lingkungan. Oleh karena itu, kita dapat melindungi tubuh kita terhadap gangguan-gangguan dari luar tubuh.

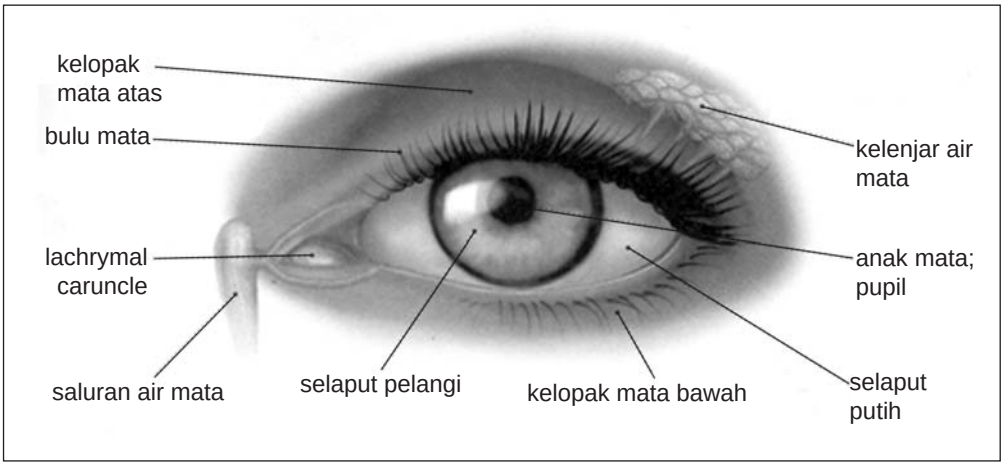
Setiap indra yang kita miliki terdiri dari alat penerima rangsang dan urat saraf. Alat indra terdiri dari bagian-bagian yang berfungsi menerima, mengolah, dan menjawab rangsang. Manusia memiliki lima macam indra, yaitu:

1. indra penglihatan (mata),
2. indra pendengaran (telinga),

3. indra peraba (kulit),
4. indra pengecap (lidah),
5. indra pembau (hidung).

Kelima indra tersebut berfungsi untuk mengenali perubahan lingkungan luar, oleh karenanya disebut *eksoreseptor.* Reseptor yang berfungsi untuk mengenali lingkungan dalam, misalnya nyeri, kadar oksigen atau karbon dioksida, kadar glukosa dan sebagainya, disebut *interoreseptor.* Sel-sel *interoreseptor,* misalnya terdapat pada sel otot, tendon, ligamentum, sendi, dinding saluran pencernaan, dinding pembuluh darah, dan lain sebagainya. Walaupun demikian, sesungguhnya interoreseptor terdapat di seluruh tubuh manusia. Interoreseptor yang membantu koordinasi dalam sikap tubuh disebut *kinestesis.*

1. *Indra Penglihatan (Mata)*



Sumber: *Kamus Visual, 2004, Hal. 177.*

Gambar 8.20 *Mata.*

Mata mempunyai reseptor khusus untuk mengenali perubahan sinar dan warna. Sesungguhnya yang disebut mata bukanlah hanya bola mata, tetapi termasuk otot-otot penggerak bola mata, kotak mata (rongga tempat mata berada), kelopak, dan bulu mata. Perhatikan gambar 8.20.

a. Bola Mata

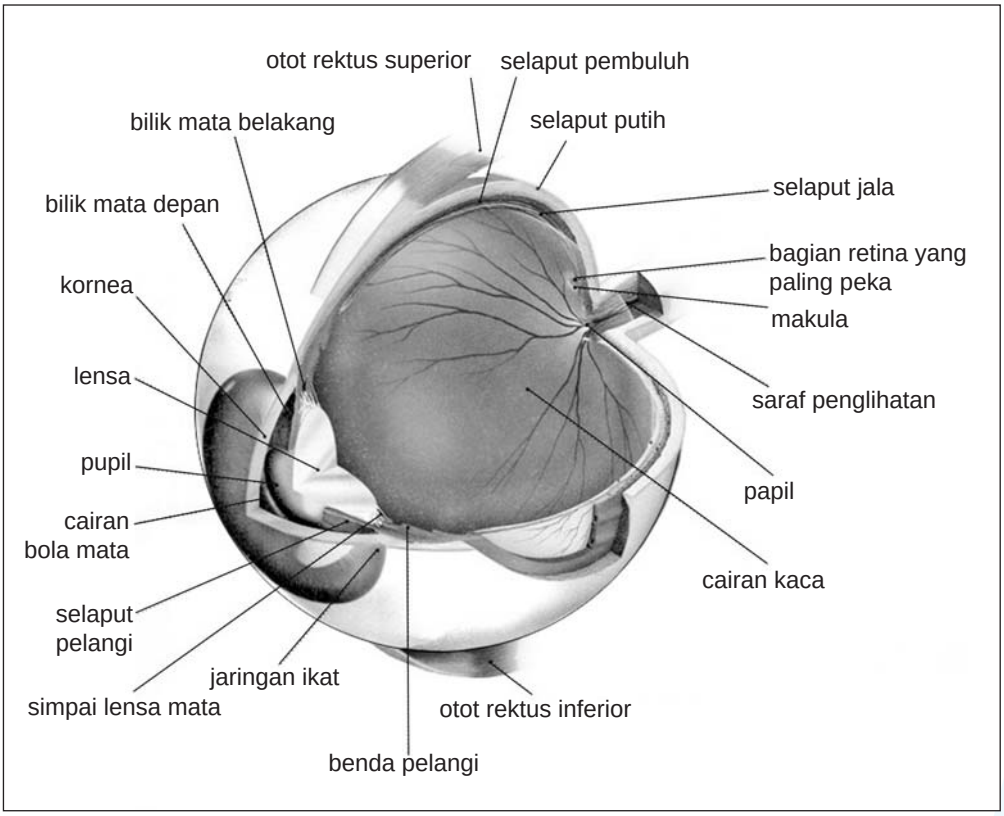
Bola mata mempunyai 3 lapis dinding yang mengelilingi rongga bola mata. Ketiga lapis dinding ini dari luar ke dalam adalah sebagai berikut.

1) Sklera

Sklera merupakan jaringan ikat dengan serat yang kuat; berwarna putih buram (tidak tembus cahaya), kecuali di bagian depan bersifat transparan. Bagian yang transparan tersebut disebut *kornea.* Konjungtiva adalah lapisan transparan yang melapisi kornea dan kelopak mata. Lapisan ini berfungsi melindungi bola mata dari gangguan.

2) *Koroid*

Koroid berwarna cokelat kehitaman sampai hitam, merupakan lapisan yang berisi banyak pembuluh darah yang memberi nutrisi dan oksigen terutama untuk retina. Warna gelap pada koroid berfungsi untuk mencegah refleksi (pemantulan sinar). Di bagian depan, koroid membentuk badan siliaris yang berlanjut ke depan membentuk iris yang berwarna. Di bagian depan iris bercelah membentuk pupil (anak mata). Pupil berfungsi sebagai jalan sinar masuk. Iris berfungsi sebagai diafragma, yaitu pengontrol ukuran pupil untuk mengatur sinar yang masuk. Badan siliaris membentuk ligamentum yang berfungsi mengikat lensa mata. Kontraksi dan relaksasi dari otot badan siliaris akan mengatur cembung pipihnya lensa.



Sumber: *Kamus Visual, 2004, Hal. 177.*

Gambar 8.21 *Struktur mata.*

3) *Retina*

Lapisan ini peka terhadap sinar. Pada seluruh bagian retina berhubungan dengan badan sel-sel saraf yang serabutnya membentuk urat saraf optik yang memanjang sampai ke otak. Bagian yang dilewati urat saraf optik tidak peka terhadap sinar dan daerah ini disebut *bintik buta.*

Adanya lensa dan ligamentum pengikatnya menyebabkan rongga bola mata terbagi dua, yaitu bagian depan terletak di depan lensa berisi cairan yang disebut *aqueous humor* dan bagian belakang terletak di belakang lensa berisi

vitreous humor. Kedua cairan tersebut berfungsi menjaga lensa agar selalu dalam bentuk yang benar.

Bagian-bagian mata yang lain yaitu: kotak mata pada tengkorak berfungsi melindungi bola mata dari kerusakan. Selaput transparan yang melapisi kornea dan bagian dalam kelopak mata disebut konjungtiva. Selaput ini peka terhadap iritasi. Konjungtiva penuh dengan pembuluh darah dan serabut saraf. Radang konjungtiva disebut *konjungtivitis.* Untuk mencegah kekeringan, konjungtiva dibasahi dengan cairan yang keluar dari kelenjar air mata *(kelenjar lakrimal)* yang terdapat di bawah alis.

Air mata mengandung lendir, garam, dan antiseptik dalam jumlah kecil. Air mata berfungsi sebagai alat pelumas dan pencegah masuknya mikroorganisme ke dalam mata.

b. Otot mata

Ada enam otot mata yang berfungsi memegang sklera. Empat di antaranya disebut otot rektus *(rektus inferior, rektus superior, rektus eksternal, dan rektus internal).* Otot rektus berfungsi menggerakkan bola mata ke kanan, ke kiri, ke atas, dan ke bawah. Dua lainnya adalah otot obliq atas (superior) dan otot obliq bawah (inferior).

c. Fungsi mata

Sinar yang masuk ke mata sebelum sampai di retina mengalami pembiasan lima kali, yaitu waktu melalui konjungtiva, kornea, aqueous humor, lensa, dan vitreous humor. Pembiasan terbesar terjadi di kornea. Bagi mata normal, bayang-bayang benda akan jatuh pada bintik kuning, yaitu bagian yang paling peka terhadap sinar.

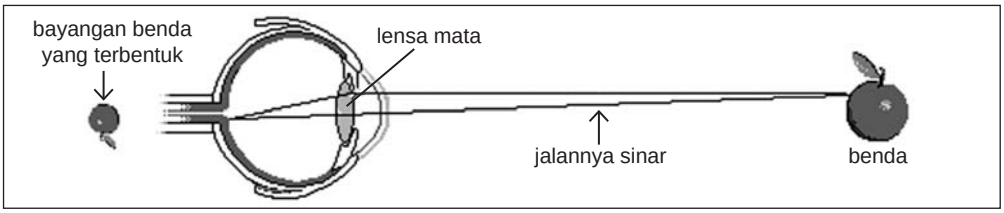
Ada dua macam sel reseptor pada retina, yaitu *sel kerucut (sel konus)* dan *sel batang (sel basilus).* Sel konus berisi pigmen lembayung dan sel batang berisi pigmen ungu. Kedua macam pigmen akan terurai bila terkena sinar, terutama pigmen ungu yang terdapat pada sel batang. Oleh karena itu, pigmen pada sel basilus berfungsi untuk situasi kurang terang, sedangkan pigmen dari sel konus berfungsi lebih pada suasana terang, yaitu untuk membedakan warna, makin ke tengah maka jumlah sel batang makin berkurang, sehingga di daerah bintik kuning hanya ada sel konus saja.

Pigmen ungu yang terdapat pada sel basilus disebut *rodopsin,* yaitu suatu senyawa protein dan vitamin A. Apabila terkena sinar, misalnya sinar matahari, maka rodopsin akan terurai menjadi protein dan vitamin A. Pembentukan kembali pigmen terjadi dalam keadaan gelap. Untuk pembentukan kembali memerlukan waktu yang disebut *adaptasi gelap* (disebut juga adaptasi rodopsin). Pada waktu adaptasi, mata sulit untuk melihat.

Pigmen lembayung dari sel konus merupakan senyawa *iodopsin* yang merupakan gabungan antara retinin dan opsin. Ada tiga macam sel konus, yaitu sel yang peka terhadap warna merah, hijau, dan biru. Dengan ketiga macam sel konus tersebut mata dapat menangkap spektrum warna. Kerusakan salah satu sel konus akan menyebabkan buta warna.

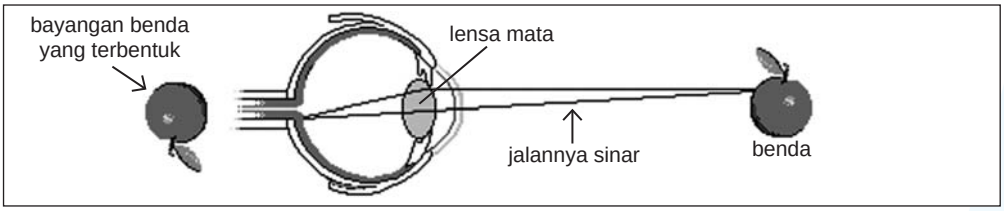
Jarak terdekat yang dapat dilihat dengan jelas disebut *titik dekat (punctum proximum).* Jarak terjauh saat benda tampak jelas tanpa kontraksi disebut *titik jauh (punctum remotum).* Jika kita sangat dekat dengan objek, maka cahaya yang masuk ke mata tampak seperti kerucut, sedangkan jika kita sangat jauh dari objek, maka sudut kerucut cahaya yang masuk sangat kecil sehingga sinar tampak paralel. Baik sinar dari objek yang jauh maupun yang dekat harus direfraksikan (dibiaskan) untuk menghasilkan titik yang tajam pada retina agar objek terlihat jelas. Pembiasan cahaya untuk menghasilkan penglihatan yang jelas disebut *pemfokusan.*

Cahaya dibiaskan jika melewati konjungtiva kornea. Cahaya dari objek yang dekat membutuhkan lebih banyak pembiasan untuk pemfokusan dibandingkan objek yang jauh. Mata mamalia mampu mengubah derajat pembiasan dengan cara mengubah bentuk lensa. Cahaya dari objek yang jauh difokuskan oleh lensa tipis panjang, sedangkan cahaya dari objek yang dekat difokuskan dengan lensa yang tebal dan pendek. Perubahan bentuk lensa ini akibat kerja otot siliari. Saat melihat dekat, otot siliari berkontraksi sehingga memendekkan apertura yang mengelilingi lensa. Akibatnya lensa menebal dan pendek. Saat melihat jauh, otot siliari relaksasi sehingga apertura yang mengelilingi lensa membesar dan tegangan ligamen suspensor bertambah. Akibatnya ligamen suspensor mendorong lensa sehingga lensa memanjang dan pipih. Proses pemfokusan objek pada jarak yang berbeda-beda disebut *daya akomodasi.* Cara kerja mata manusia pada dasarnya sama dengan cara kerja kamera, kecuali cara mengubah fokus lensa.



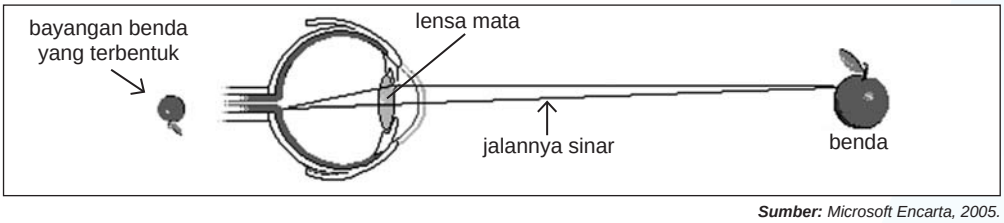
Sumber: Microsoft Encarta, 2005.

Gambar 8.22 *Mata saat melihat objek.*



Sumber: Microsoft Encarta, 2005.

Gambar 8.23 *Akomodasi mata saat melihat dekat lensa mata menebal.*



Sumber: Microsoft Encarta, 2005.

Gambar 8.24 *Mata saat melihat jauh lensa mata menipis.*

d. Gangguan pada mata

Mata manusia dapat mengalami kelainan atau gangguan. Gangguan atau kelainan tersebut dapat diakibatkan karena penyakit, kebiasaan yang buruk, defisiensi, dan faktor usia. Berikut ini akan dijelaskan beberapa gangguan dan kelainan pada mata.

1) Miopi adalah cacat mata yang disebabkan oleh lensa mata terlalu cembung sehingga bayangan dari benda yang jauh jatuh di depan retina. Miopi disebut pula rabun jauh, karena tidak dapat melihat benda yang jauh dengan jelas. Penderita miopi hanya mampu melihat jelas benda yang dekat. Untuk menolong penderita miopi dipakai kacamata lensa cekung (lensa negatif).
2) Hipermetropi adalah cacat mata yang disebabkan oleh lensa mata terlalu pipih sehingga bayangan dari benda yang dekat jatuh di belakang retina. Hipermetropi disebut juga rabun dekat karena tidak dapat melihat benda yang jaraknya dekat. Penderita hipermetropi hanya mampu melihat benda yang jauh. Untuk menolongnya digunakan kacamata lensa cembung.
3) Presbiopi umumnya terjadi pada orang berusia lanjut. Keadaan ini disebabkan lensa mata terlalu pipih. Selain itu, daya akomodasi mata sudah lelah sehingga tidak dapat memfokuskan bayangan benda yang berada dekat mata.
4) Astigmatisma adalah cacat mata yang disebabkan oleh kecembungan permukaan kornea atau permukaan lensa mata yang tidak rata sehingga sinar yang datang tidak difokuskan pada satu titik. Untuk menolong orang yang cacat mata seperti ini dipakai kacamata lensa silindris yang memiliki beberapa fokus.
5) Katarak adalah cacat mata yang disebabkan adanya pengapuran pada lensa mata sehingga daya akomodasi berkurang dan penglihatan menjadi kabur. Katarak umumnya terjadi pada orang yang sudah berusia lanjut dan dapat menimbulkan kebutaan.
6) Hemeralopi (rabun senja) adalah penyakit pada mata yang disebabkan oleh kekurangan vitamin A. Penderita rabun senja tidak dapat melihat dengan jelas pada senja hari. Bila keadaan demikian dibiarkan berlanjut akan mengakibatkan kornea mata rusak dan dapat menyebabkan kebutaan.
7) Buta warna merupakan kelainan penglihatan mata yang bersifat menurun. Penderita buta warna tidak mampu membedakan warna-warna tertentu, misalnya warna merah, hijau, atau biru. Seseorang yang buta warna total hanya dapat membedakan warna hitam dan putih saja.
8) Keratomalasia timbul karena kornea menjadi putih dan rusak.

Kegiatan 8.2

Bintik Buta

Tujuan: memahami pengertian bintik buta.

Alat dan Bahan

1. Kertas putih
2. Penggaris
3. Spidol

Cara Kerja

1. Pada kertas putih yang berdiameter 0,5 m, buatlah tanda silang (X) dan lingkaran (O) dengan jarak 6,5 cm!
2. Peganglah kertas dengan tangan kanan dan posisi tanda silang di sebelah dalam!
3. Rentangkan lengan lurus ke depan sehingga tanda silang terletak di depan mata kanan!
4. Tutuplah mata kiri dengan menggunakan tangan kiri!
5. Pusatkan pandangan pada tanda silang dan usahakan tanda lingkaran masih tampak!
6. Gerakkan tangan menuju mata secara perlahan-lahan, sehingga tanda lingkaran menghilang! Saat itu suruhlah teman kalian mengukur jarak tersebut!
7. Gerakkan kembali kertas tersebut menjauhi arah mata, sehingga tanda lingkaran tampak kembali! Suruhlah teman kalian mengukur jarak tersebut!
8. Lakukanlah langkah-langkah serupa terhadap mata kiri untuk mengetahui bintik buta pada mata kiri!
9. Kalian dapat mencoba bergantian dengan teman kelompok kalian, kemudian diskusikan pertanyaan berikut!

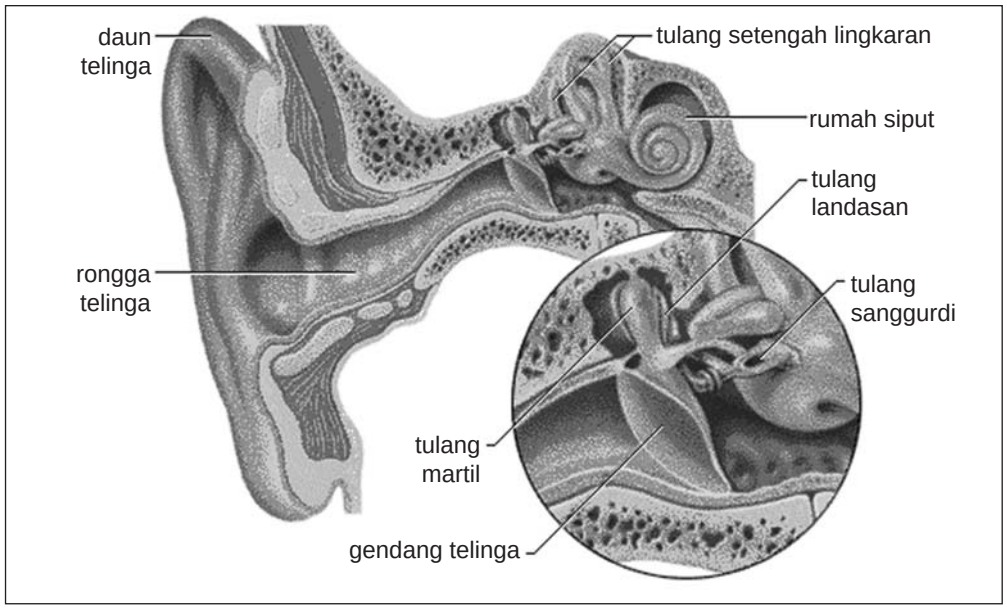
Pertanyaan

1. Apakah terdapat perbedaan jarak antara hilangnya tanda lingkaran pada waktu pengamatan menggunakan mata kiri dan mata kanan?
2. Apa yang menyebabkan bayangan suatu benda tidak tampak?

2. *Indra Pendengaran (Telinga)*

Telinga mempunyai reseptor khusus untuk mengenali getaran bunyi dan untuk keseimbangan. Ada tiga bagian utama dari telinga manusia, yaitu bagian telinga luar, telinga tengah, dan telinga dalam.

Telinga luar berfungsi menangkap getaran bunyi, dan telinga tengah meneruskan getaran dari telinga luar ke telinga dalam. Reseptor yang ada pada telinga dalam akan menerima rangsang bunyi dan mengirimkannya berupa impuls ke otak untuk diolah. Perhatikan gambar 8.25.



Sumber: *Microsoft Encarta, 2005.*

Gambar 8.25 *Bagian-bagian telinga.*

a. Susunan telinga

Telinga tersusun atas tiga bagian, yaitu telinga luar, telinga tengah, dan telinga dalam.

1) Telinga luar

Telinga luar terdiri dari daun telinga, saluran luar, dan membran timpani (gendang telinga). Daun telinga manusia mempunyai bentuk yang khas, tetapi bentuk ini kurang mendukung fungsinya sebagai penangkap dan pengumpul getaran suara. Bentuk daun telinga yang sangat sesuai dengan fungsinya adalah daun telinga pada anjing dan kucing, yaitu tegak dan membentuk saluran menuju gendang telinga. Saluran luar yang dekat dengan lubang telinga dilengkapi dengan rambut-rambut halus yang menjaga agar benda asing tidak masuk. Selain itu, terdapat kelenjar lilin yang menjaga agar permukaan saluran luar dan gendang telinga tidak kering.

2) *Telinga tengah*

Bagian ini merupakan rongga yang berisi udara untuk menjaga tekanan udara agar seimbang. Di dalamnya terdapat saluran *eustachius* yang menghubungkan telinga tengah dengan faring. Rongga telinga tengah berhubungan dengan telinga luar melalui membran timpani. Hubungan telinga tengah dengan bagian telinga dalam melalui jendela oval dan jendela bundar yang keduanya dilapisi dengan membran yang transparan.

Selain itu terdapat pula tiga tulang pendengaran yang tersusun seperti rantai yang menghubungkan gendang telinga dengan jendela oval. Ketiga tulang tersebut adalah *tulang martil (maleus)* menempel pada gendang telinga dan *tulang landasan (inkus).* Kedua tulang ini terikat erat oleh ligamentum sehingga mereka bergerak sebagai satu tulang. Tulang yang ketiga adalah *tulang sanggurdi (stapes)* yang berhubungan dengan jendela oval. Antara tulang landasan dan tulang sanggurdi terdapat sendi yang memungkinkan gerakan bebas. Fungsi rangkaian tulang pendengaran adalah untuk mengirimkan getaran suara dari gendang telinga (membran timpani) menyeberangi rongga telinga tengah ke jendela oval.

3) *Telinga dalam*

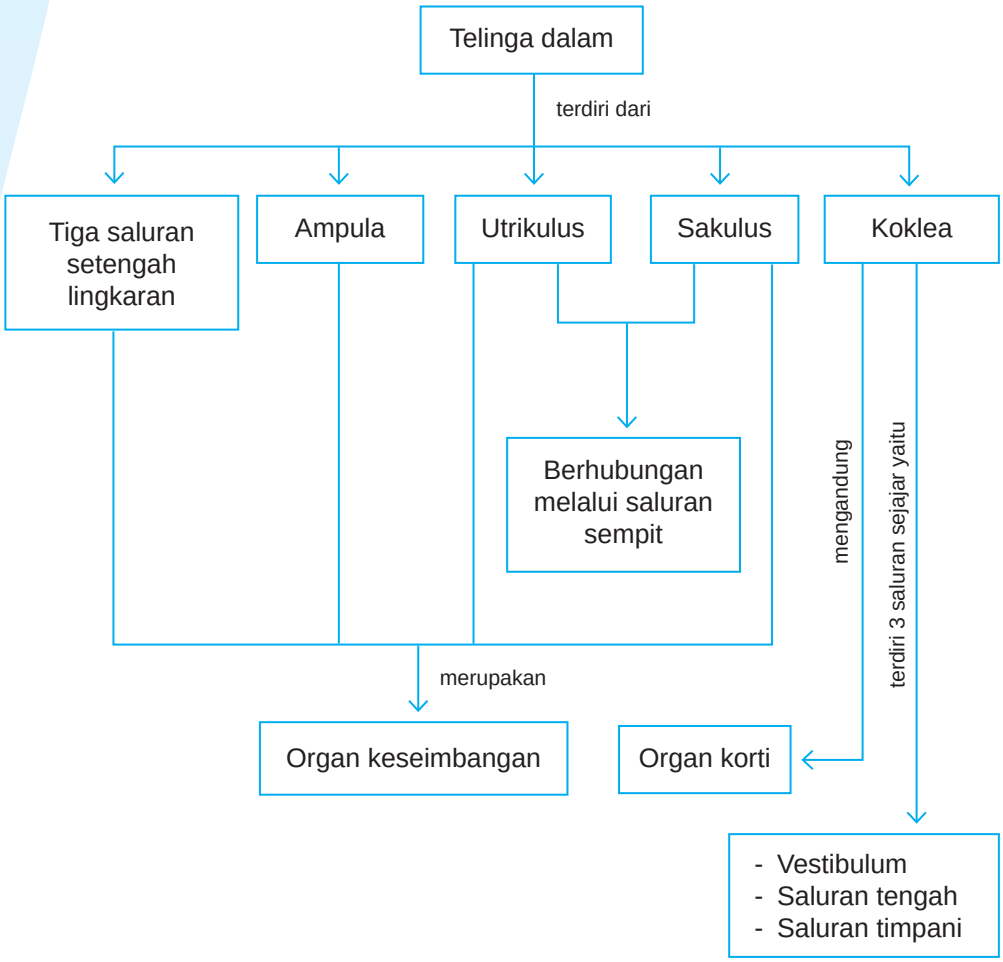
Bagian ini mempunyai susunan yang rumit, terdiri dari labirin tulang dan labirin membran. Ada 5 bagian utama dari labirin membran, yaitu sebagai berikut.

a) tiga saluran setengah lingkaran,
b) ampula,
c) utrikulus,
d) sakulus,
e) koklea atau rumah siput.

Sakulus berhubungan dengan utrikulus melalui saluran sempit. Tiga saluran setengah lingkaran, ampula, utrikulus, dan sakulus merupakan organ keseimbangan, dan keempatnya terdapat di dalam rongga vestibulum dari labirin tulang.

Koklea mengandung *organ Korti* untuk pendengaran. Koklea terdiri dari tiga saluran yang sejajar, yaitu: saluran vestibulum yang berhubungan dengan jendela oval, saluran tengah, dan saluran timpani yang berhubungan dengan jendela bundar, serta saluran (kanal) yang dipisahkan satu dengan lainnya oleh membran. Di antara saluran vestibulum dengan saluran tengah terdapat *membran Reissner,* sedangkan di antara saluran tengah dengan saluran timpani terdapat *membran basiler.* Dalam saluran tengah terdapat suatu tonjolan yang dikenal sebagai *membran tektorial* yang paralel dengan membran basiler dan ada di sepanjang koklea. Sel sensori untuk mendengar tersebar di permukaan membran basiler dan ujungnya berhadapan dengan membran tektorial. Dasar dari sel pendengar terletak pada membran basiler dan berhubungan dengan serabut saraf yang bergabung membentuk saraf pendengar. Bagian yang peka terhadap rangsang bunyi ini disebut *organ Korti.*

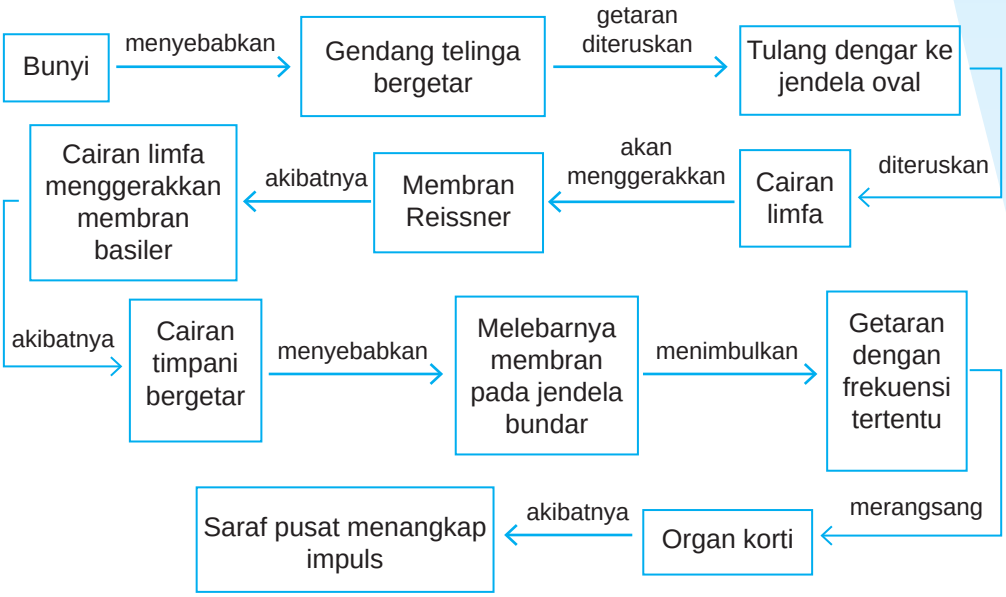
Perhatikan skema berikut ini.



b. Cara kerja indra pendengaran

Gelombang bunyi yang masuk ke dalam telinga luar menggetarkan gendang telinga. Getaran ini akan diteruskan oleh ketiga tulang pendengaran ke jendela oval. Getaran struktur koklea pada jendela oval diteruskan ke cairan limfa yang ada di dalam saluran vestibulum. Getaran cairan tadi akan menggerakkan membran Reissner dan menggetarkan cairan limfa dalam saluran tengah. Perpindahan getaran cairan limfa di dalam saluran tengah menggerakkan membran basiler yang dengan sendirinya akan menggetarkan cairan dalam saluran timpani. Perpindahan ini menyebabkan melebarnya membran pada jendela bundar. Getaran dengan frekuensi tertentu akan menggetarkan selaput-selaput basiler, yang akan menggerakkan sel-sel rambut ke atas dan ke bawah. Ketika rambut-rambut sel menyentuh membran tektorial, terjadilah rangsangan (impuls). Getaran membran tektorial dan membran basiler akan menekan sel sensori pada organ Korti dan kemudian menghasilkan impuls yang akan dikirim ke pusat pendengar di dalam otak melalui saraf pendengaran.

Perhatikan skema berikut:



c. *Susunan dan cara kerja alat keseimbangan*

Bagian dari alat vestibulum atau alat keseimbangan berupa tiga saluran setengah lingkaran yang dilengkapi dengan organ ampula (kristal) dan organ keseimbangan yang ada di dalam utrikulus dan sakulus.

Ujung dari setiap saluran setengah lingkaran membesar dan disebut *ampula* yang berisi reseptor. Pangkalnya berhubungan dengan utrikulus yang menuju ke sakulus. Utrikulus maupun sakulus berisi reseptor keseimbangan. Alat keseimbangan yang ada di dalam ampula terdiri dari kelompok sel saraf sensori yang mempunyai rambut dalam tudung gelatin yang berbentuk kubah. Alat ini disebut *kupula.* Saluran semisirkuler (saluran setengah lingkaran) peka terhadap gerakan kepala.

Alat keseimbangan di dalam utrikulus dan sakulus terdiri dari sekelompok sel saraf yang ujungnya berupa rambut bebas yang melekat pada *otolith,* yaitu butiran natrium karbonat. Posisi kepala mengakibatkan desakan otolith pada rambut yang menimbulkan impuls yang akan dikirim ke otak.

d. *Gangguan dan penyakit pada telinga*

Indra pendengaran (telinga) dapat mengalami gangguan atau kelainan. Gangguan tersebut dapat berupa tersumbatnya telingan oleh kotoran dan hilangnya pendengaran akibat pencemaran suara.

1) *Tersumbatnya telinga oleh kotoran*

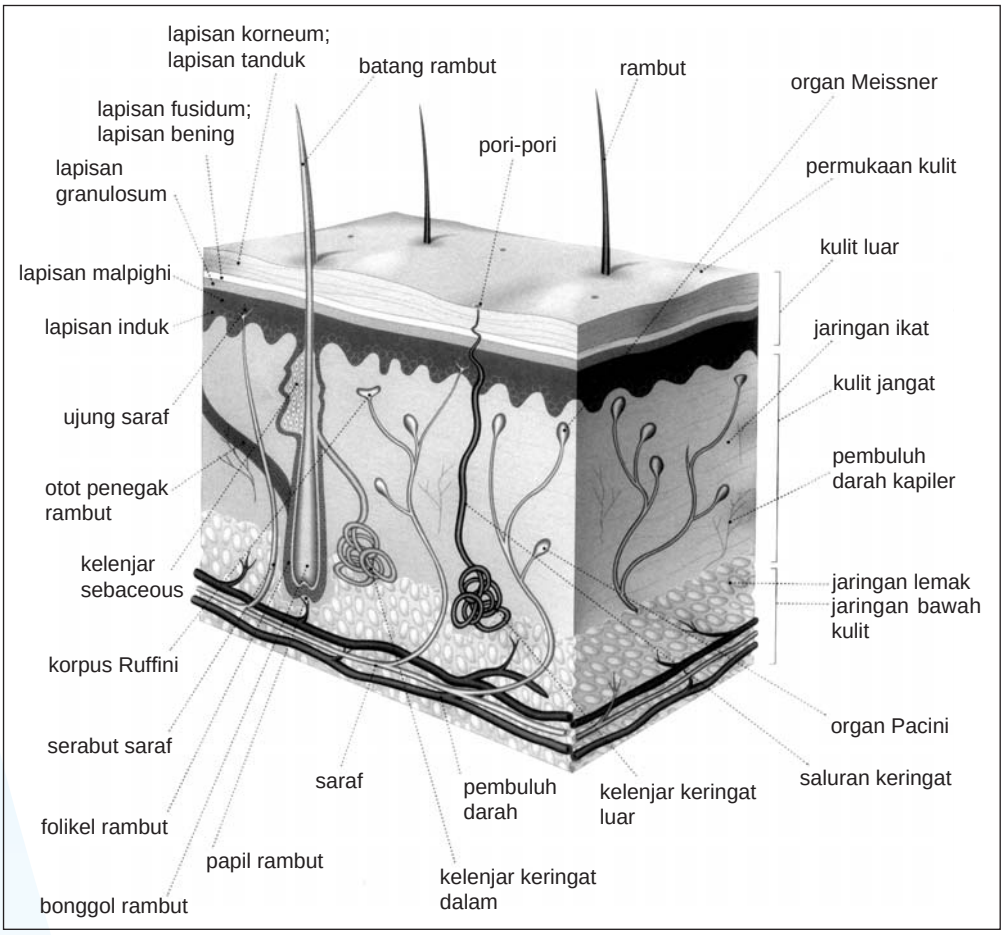
Telinga bagian luar memiliki kelenjar yang menghasilkan minyak. Minyak ini berguna untuk mencegah air dan kotoran masuk ke dalam telinga. Biasanya, minyak bersama kotoran mengggumpal dan akan mengering. Selanjutnya, kotoran telinga ini akan keluar dengan sendirinya. Namun, kadangkala kotoran telinga mengumpul terlalu banyak dan menyumbat telinga. Jika keadaan demikian, harus konsultasi dengan dokter.

2) Hilangnya pendengaran akibat pencemaran suara

Suara yang terlalu keras dapat menyebabkan kerusakan telinga bagian dalam. Akibatnya, pendengaran dapat terganggu dan bahkan pendengaran hilang. Rusaknya telinga akibat suara yang terlalu keras dapat dicegah dengan tidak mendengarkan dan menghindari sumber pencemaran suara atau menggunakan alat penutup telinga yang dapat mengurangi intensitas suara.

3. *Indra Peraba (Kulit)*

Kulit pada manusia dapat berfungsi sebagai organ ekskresi maupun sebagai indra peraba. Kulit merupakan indra peraba yang mempunyai reseptor khusus untuk sentuhan, panas, dingin, sakit, dan tekanan.



Sumber: *Kamus visual, 2004, Hal. 172.*

Gambar 8.26 *Penampang kulit manusia dan reseptornya.*

a. *Susunan kulit*

Kulit terdiri dari lapisan luar yang disebut epidermis dan lapisan dalam yang disebut lapisan dermis. Perhatikan gambar 8.26. Pada epidermis tidak terdapat pembuluh darah dan sel saraf. Epidermis tersusun atas empat lapis sel. Dari bagian dalam ke bagian luar, *pertama* adalah *stratum germinativum*

berfungsi membentuk lapisan di sebelah atasnya. *Kedua,* yaitu di sebelah luar lapisan germinativum terdapat *stratum granulosum* yang berisi sedikit keratin yang menyebabkan kulit menjadi keras dan kering. Selain itu sel-sel dari lapisan granulosum umumnya menghasilkan pigmen hitam *(melanin).* Kandungan melanin menentukan derajat warna kulit, kehitaman, atau kecokelatan. Lapisan *ketiga* merupakan lapisan yang transparan disebut *stratum lusidum.* Lapisan *keempat* (lapisan terluar) adalah lapisan tanduk disebut *stratum korneum.*

Pada lapisan dalam, lapisan dermis merupakan jaringan penyokong yang terdiri dari serat yang berwarna putih dan serat yang berwarna kuning. Serat kuning bersifat elastis/lentur, sehingga kulit dapat mengembang.

Stratum germinativum mengadakan pertumbuhan ke daerah dermis membentuk kelenjar keringat dan akar rambut. Akar rambut berhubungan dengan pembuluh darah yang membawakan makanan dan oksigen. Selain itu juga berhubungan dengan serabut saraf. Pada setiap pangkal akar rambut melekat otot penggerak rambut. Pada waktu dingin atau merasa takut, otot rambut mengerut dan rambut menjadi tegak. Di sebelah dalam dermis terdapat timbunan lemak yang berfungsi sebagai bantalan untuk melindungi bagian dalam tubuh dari kerusakan mekanik.

b. Fungsi kulit

Kulit berfungsi sebagai alat pelindung bagian dalam, misalnya otot dan tulang; sebagai alat peraba dengan dilengkapi dengan bermacam reseptor yang peka terhadap berbagai rangsangan; sebagai alat ekskresi; serta pengatur suhu tubuh.

Sehubungan dengan fungsinya sebagai alat peraba, kulit dilengkapi dengan reseptor-reseptor khusus. Reseptor untuk rasa sakit ujungnya menjorok masuk ke daerah epidermis. Reseptor untuk tekanan (korpuskula Pacini) ujungnya berada di dermis yang jauh dari epidermis. Reseptor untuk rangsang sentuhan dan panas (korpuskula Rufini) ujung reseptornya terletak di dekat epidermis. Kemudian reseptor untuk rangsang dingin (ujung saraf Krause) dan reseptor yang lain misalnya korpuskula Meissner.

c. Gangguan dan penyakit pada kulit

Kulit sebagai indra peraba dapat mengalami gangguan atau kelainan. Kelainan tersebut disebabkan karena kotoran, penyakit, atau kesalahan kosmetik. Berikut ini akan dijelaskan beberapa kelainan dan penyakit pada kulit.

1) *Jerawat*
 Jerawat biasanya muncul di wajah, leher, punggung, bahu, dada, dan bahkan di lengan atas. Jerawat biasanya terjadi karena tersumbatnya pori-pori kulit oleh kotoran.
2) *Dermatitis*
 Dermatitis atau eksim merupakan penyakit peradangan kulit. Dermatitis secara umum ditandai dengan kulit yang membengkak, memerah,

dan gatal-gatal. Dermatitis dapat disebabkan oleh benda-benda yang menyebabkan alergi pada kulit (misalnya sabun, logam, atau kosmetik).

3) *Ketombe*
Ketombe adalah sejenis eksim yang mengenai kulit kepala. Ditandai dengan terbentuknya sisik halus yang mudah lepas dari kulit.

4) *Panu*
Panu diakibatkan oleh jamur. Infeksi jamur dapat bermacam-macam, pengobatannya biasanya membutuhkan waktu lama, paling sedikit 30 hari dengan obat khusus jamur.

Kegiatan 8.3

Saraf Sensorik

Tujuan: membuktikan bahwa pada ujung jari banyak mengandung serabut saraf sensorik.

Alat dan Bahan

1. Beberapa potong es batu
2. Lilin
3. Korek api
4. Kertas amplas
5. Kain flanel
6. Kain penutup mata

Cara Kerja

1. Tentukan satu orang teman dari kelompok kalian sebagai orang yang melakukan percobaan! Tutuplah kedua matanya!
2. Pada ujung jari dan punggungnya tempelkan berturut-turut: es batu, kertas amplas, dan kain flannel!
3. Diskusikan pertanyaan berikut!

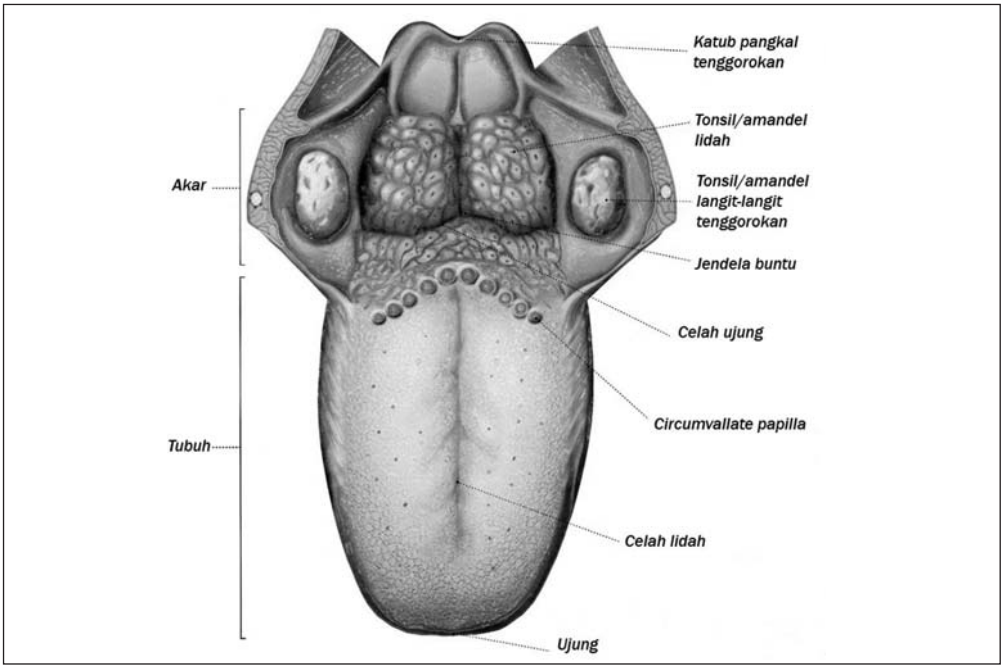
Pertanyaan

1. Dapatkah teman kalian menyebutkan rasa dingin, kasar, dan halus pada ujung jarinya?
2. Mengapa ia dapat merasakan hal tersebut?
3. Bagaimana dengan perlakuan pada punggungnya?
7. Apa kesimpulan yang dapat ditarik?

4. Indra Pengecap (Lidah)

Lidah mempunyai reseptor khusus yang berkaitan dengan rangsangan kimia. Lidah merupakan organ yang tersusun dari otot. Permukaan lidah dilapisi dengan lapisan epitelium yang banyak mengandung kelenjar lendir dan reseptor pengecap berupa tunas pengecap. Tunas pengecap terdiri atas sekelompok sel sensori yang mempunyai tonjolan seperti rambut.

Permukaan atas lidah penuh dengan tonjolan (papila). Tonjolan itu dapat dikelompokkan menjadi tiga macam bentuk, yaitu bentuk benang, bentuk dataran yang dikelilingi parit-parit, dan bentuk jamur. Tunas pengecap terdapat pada parit-parit papila bentuk dataran, di bagian samping dari papila berbentuk jamur, dan di permukaan papila berbentuk benang.



Sumber: *Kamus Visual, 2004, Hal. 176.*

Gambar 8.27 *Struktur lidah.*

Gangguan dan penyakit pada lidah

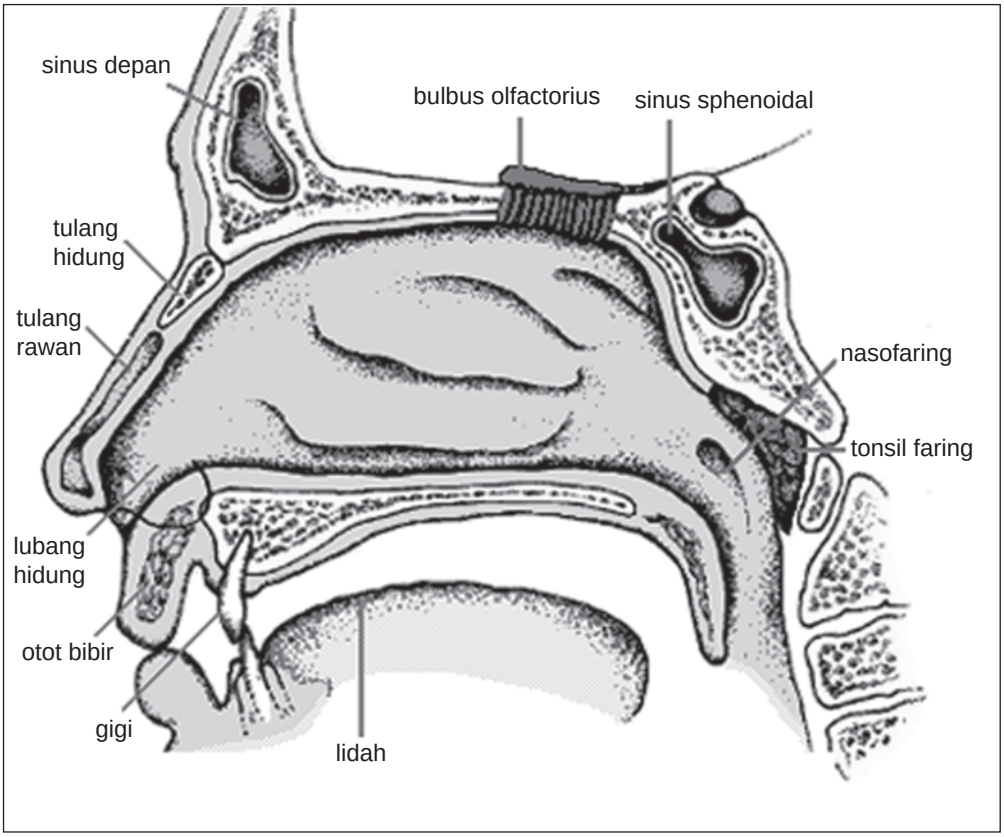
Penyakit yang dapat menyerang lidah misalnya kanker. Penyebab kanker belum diketahui dengan pasti. Namun terdapat beberapa faktor yang diduga menyebabkan kanker lidah, yaitu merokok dan minum-minuman beralkohol terlalu banyak.

5. Indra Pembau (Hidung)

Indra pembau berupa kemoreseptor yang terdapat di permukaan dalam hidung, yaitu pada lapisan lendir bagian atas. Reseptor pencium tidak bergerombol seperti tunas pengecap.

Epitelium pembau mengandung 20 juta sel-sel olfaktori yang khusus dengan akson-akson yang tegak sebagai serabut-serabut saraf pembau. Di akhir setiap sel pembau pada permukaan epitelium mengandung beberapa rambut-rambut pembau yang bereaksi terhadap bahan kimia bau-bauan di udara. Perhatikan gambar 8.28.

Epitelium pembau mengandung dua puluh juta sel-sel olfaktori yang khusus dengan akson-akson yang tegak sebagai serabut-serabut saraf pembau.



Sumber: *Microsoft Encarta, 2005.*

Gambar 8.28 *Struktur indra pembau.*

Gangguan dan penyakit pada hidung

Sinusitis adalah peradangan pada rongga hidung bagian atas. Gejala-gejala sinusitis adalah sakit kepala, rasa sakit di bagian wajah, demam, keluar ingus bening, rasa sesak di rongga dada, tenggorokan sakit, dan batuk.

Sinusitis disebabkan oleh segala sesuatu yang mengganggu atau menghambat aliran udara ke dalam rongga hidung atau keluarnya mukus (cairan) hidung keluar dari hidung. Mukus yang terkumpul merupakan lahan yang subur untuk pertumbuhan bakteri. Akibatnya, timbullah peradangan.

Kegiatan 8.4

Indra Pembau

Tujuan: membuktikan bahwa di dalam hidung terdapat reseptor pembau.

Alat dan Bahan

1. Sebotol minyak wangi
2. Sapu tangan atau masker
3. Penutup mata

Cara Kerja

1. Pilihlah 5 orang teman kalian yang sehat indra pembaunya!
2. Tutuplah mata lima teman kalian menggunakan sapu tangan atau kain penutup!
3. Tempatkan lima teman Anda masing-masing pada jarak 10 m, 7 m, 2 m, dan 1 m dari botol minyak wangi yang sudah dibuka!
4. Setiap 5 detik tanyakan pada mereka:
 a. Apakah telah mencium bau sesuatu? (Mereka yang telah mencium bau mengacungkan tangan.)
 b. Apakah teman kalian yang berjarak 10 m juga telah mencium pada 5 detik pertama?
 c. Siapa saja yang cepat mencium bau minyak wangi tersebut?
 d. Jika hidung mereka ditutup menggunakan masker atau sapu tangan hingga beberapa menit, apakah mereka masih mencium bau sesuatu?

Rangkuman

1. Sistem regulasi terdiri dari sistem saraf, sistem indra, dan sistem hormon.
2. Dalam kegiatannya, saraf mempunyai hubungan kerja seperti mata rantai (berurutan) antara reseptor, sistem saraf, dan efektor.
3. Sistem saraf terdiri dari jutaan sel saraf (neuron). Neuron terdiri dari dendrit dan neurit.

4. Berdasarkan struktur dan fungsinya, sel saraf dapat dibagi menjadi 3 kelompok, yaitu sel saraf sensori, sel saraf motor, dan sel saraf intermediet.
5. Impuls dapat dihantarkan melalui beberapa cara, di antaranya melalui sel saraf dan sinapsis.
6. Saraf manusia dibedakan menjadi sistem saraf pusat dan sistem saraf tepi. Sistem saraf pusat meliputi otak dan sumsum tulang belakang. Sistem saraf tepi dibagi menjadi sistem saraf sadar dan sistem saraf tak sadar (autonom). Sedangkan sistem saraf tak sadar (autonom) terdiri dari sistem saraf simpatik dan sistem saraf parasimpatik.
7. Hormon adalah zat kimia yang dihasilkan oleh kelenjar endokrin atau kelenjar buntu.
8. Tujuh kelenjar endokrin yang penting dalam tubuh manusia yaitu hipofisis, tiroid, paratiroid, kelenjar adrenalin (anak ginjal), pankreas, ovarium, dan testis.
9. Fungsi utama indra adalah mengenal lingkungan luar atau berbagai rangsang dari lingkungan di luar tubuh.
10. Manusia memiliki lima macam indra, yaitu indra penglihatan (mata), indra pendengaran (telinga), indra peraba (kulit), indra pengecap (lidah), dan indra penciuman (hidung).

Uji Kompetensi

I. Pilihan ganda

1. Jika proses gerak yang diatur oleh saraf disadari, maka impuls akan menempuh jarak
 a. reseptor – neuron sensorik – otak – neuron motorik – efektor
 b. reseptor – neuron sensorik – interneuron – neuron motorik – efektor
 c. reseptor – neuron motorik – otak – neuron sensorik – efektor
 d. reseptor – neuron motorik – sumsum tulang belakang – efektor
 e. reseptor – neuron sensorik – neuron konektor – otak – efektor
2. Sel-sel saraf dinamakan
 a. neuron
 b. neurit
 c. akson
 d. dendrit
 e. kapsul Bowman

3. Saraf pusat terdiri atas
 a. otak
 b. sumsum tulang belakang
 c. otak dan sumsum tulang belakang
 d. otak dan saraf simpatik
 e. otak dan saraf parasimpatik
4. Pusat pengaturan ingatan, kecerdasan, dan kesadaran manusia terletak di
 a. otak besar
 b. otak kecil
 c. sumsum lanjutan
 d. sumsum tulang belakang
 e. otak tengah
5. Denyut jantung kita diatur oleh
 a. otak besar
 b. otak tengah
 c. otak kecil
 d. sumsum lanjutan
 e. sumsum tulang belakang
6. Bila sedang marah, jantungnya berdebar-debar, pernapasannya lebih cepat, dan gerakan-gerakannya serba cepat. Hal tersebut disebabkan pengaruh hormon
 a. insulin
 b. sekretin
 c. adrenalin
 d. tiroksin
 e. asetikolin
7. Penggunaan amfetamin oleh siswa pada saat menjelang ujian tidak baik karena
 a. menahan rasa sakit
 b. meningkatkan semangat
 c. merangsang sistem saraf
 d. menekan rasa lapar
 e. menekan rasa malas
8. Remaja yang mengalami perkembangan seksual sekunder mempunyai ciri tumbuhnya kumis pada pria dan permukaan kulit yang halus pada wanita. Hal ini dipengaruhi oleh hormon
 a. adrenotropin
 b. prolaktin
 c. somatotropin
 d. tirotropin
 e. gonadotropin
9. Bagian mata yang berfungsi sebagai diafragma adalah
 a. kornea
 b. retina
 c. lensa
 d. iris
 e. pupil
10. Bila seseorang datang dari tempat terang menuju ke tempat yang gelap, maka untuk sementara penglihatannya menjadi kurang jelas karena
 a. akomodasi lensa mata agak lambat
 b. pupil mata masih dalam keadaan melebar
 c. sel konus tidak dapat menerima rangsang
 d. pembentukan kembali rodopsin memerlukan waktu
 e. saraf mata terlambat menerima rangsang

II. Uraian

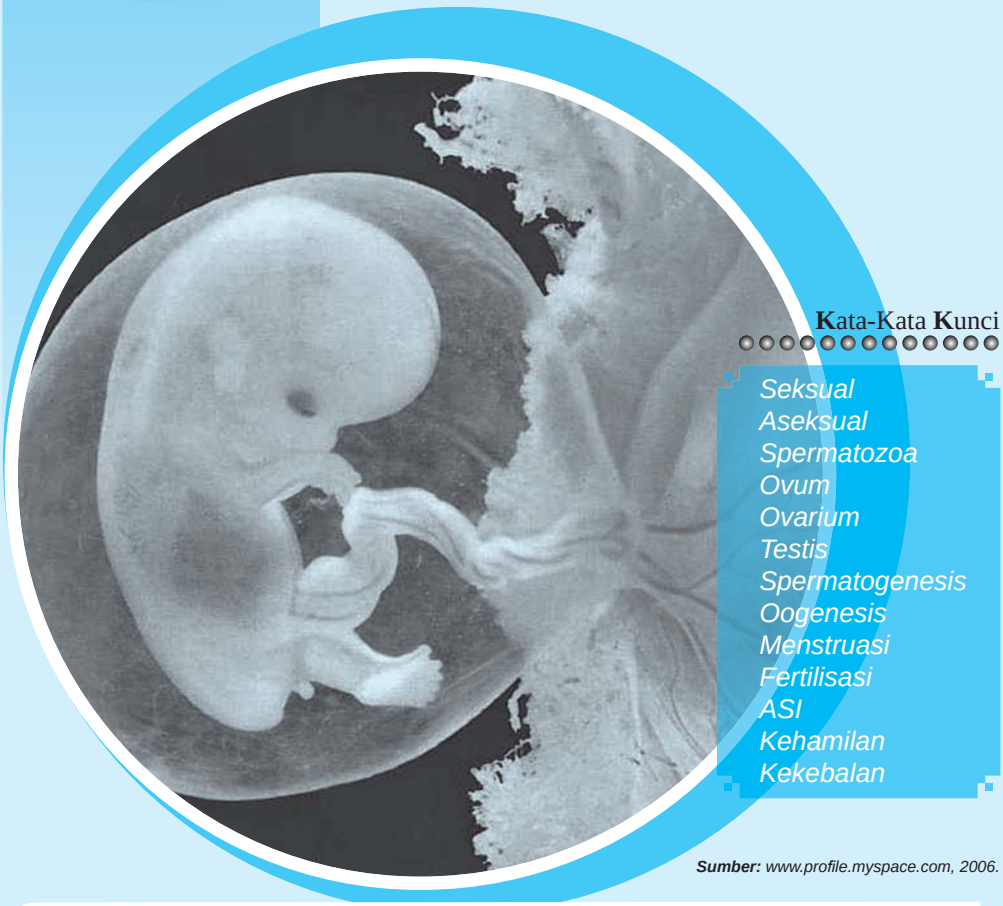
1. Bagaimana cara impuls memperoleh tanggapan?
2. Sebutkan penyakit yang berhubungan dengan saraf!
3. Apakah yang dihasilkan oleh:
 a. kelenjar tiroid,
 b. kelenjar usus,
 c. kelenjar anak ginjal,
 d. kelenjar pulau-pulau Langerhans?
4. Sebutkan dengan contoh bahwa indra penerima rasa sakit (nyeri) berperan sebagai pengaman tubuh!
5. Sebutkan peranan tiga saluran setengah lingkaran dalam menjaga keseimbangan tubuh!

III. Soal-soal di bawah ini berhubungan dengan keterampilan sikap dan apresiasi siswa. Jawablah sesuai minat kalian dan sebutkan alasan untuk jawaban yang dipilih!

1. Saat melakukan perjalanan, telinga kalian kemasukan binatang. Apa yang akan kalian lakukan?
 a. berusaha mengeluarkannya menggunakan benda yang bisa digunakan
 b. memasukkan air ke dalam telinga supaya binatang tersebut mati
 c. membiarkan sampai binatang tersebut keluar sendiri
 d. memeriksakan ke dokter
 e. semua benar
2. Di dalam kelas ada teman kalian yang menggunakan kacamata yang berlensa cembung. Menuru kalian hal tersebut disebabkan
 a. teman kalian kekurangan vitamin A
 b. teman kalian mengalami penyakit rabun jauh
 c. teman kalian mengalami penyakit rabun dekat
 d. teman kalian tidak jelas melihat benda yang jaraknya jauh
 e. semua benar
3. Bagaimana cara kalian menjaga kesehatan mata?
 a. banyak mengonsumsi vitamin A
 b. menggunakan kacamata baca saat membaca buku
 c. rutin memberikan tetes mata
 d. setiap bulan memeriksakan mata ke dokter spesialis mata
 e. memakai kacamata saat dalam perjalanan/berkendaraan
4. Banyak orang yang mengeluh bahwa mereka mudah lupa atau mengalami penurunan daya ingat. Apakah yang dapat kalian lakukan untuk menjaga daya ingat otak kalian?
 a. banyak mengonsumsi vitamin B
 b. melakukan latihan fisik seperti berolahraga
 c. melakukan latihan mental menggunakan teknik puzzle atau teka-teki
 d. menghindari minum-minuman yang mengandung kafein
 e. semua benar

Bab 9

Sistem Reproduksi



Kata-Kata Kunci

Seksual
Aseksual
Spermatozoa
Ovum
Ovarium
Testis
Spermatogenesis
Oogenesis
Menstruasi
Fertilisasi
ASI
Kehamilan
Kekebalan

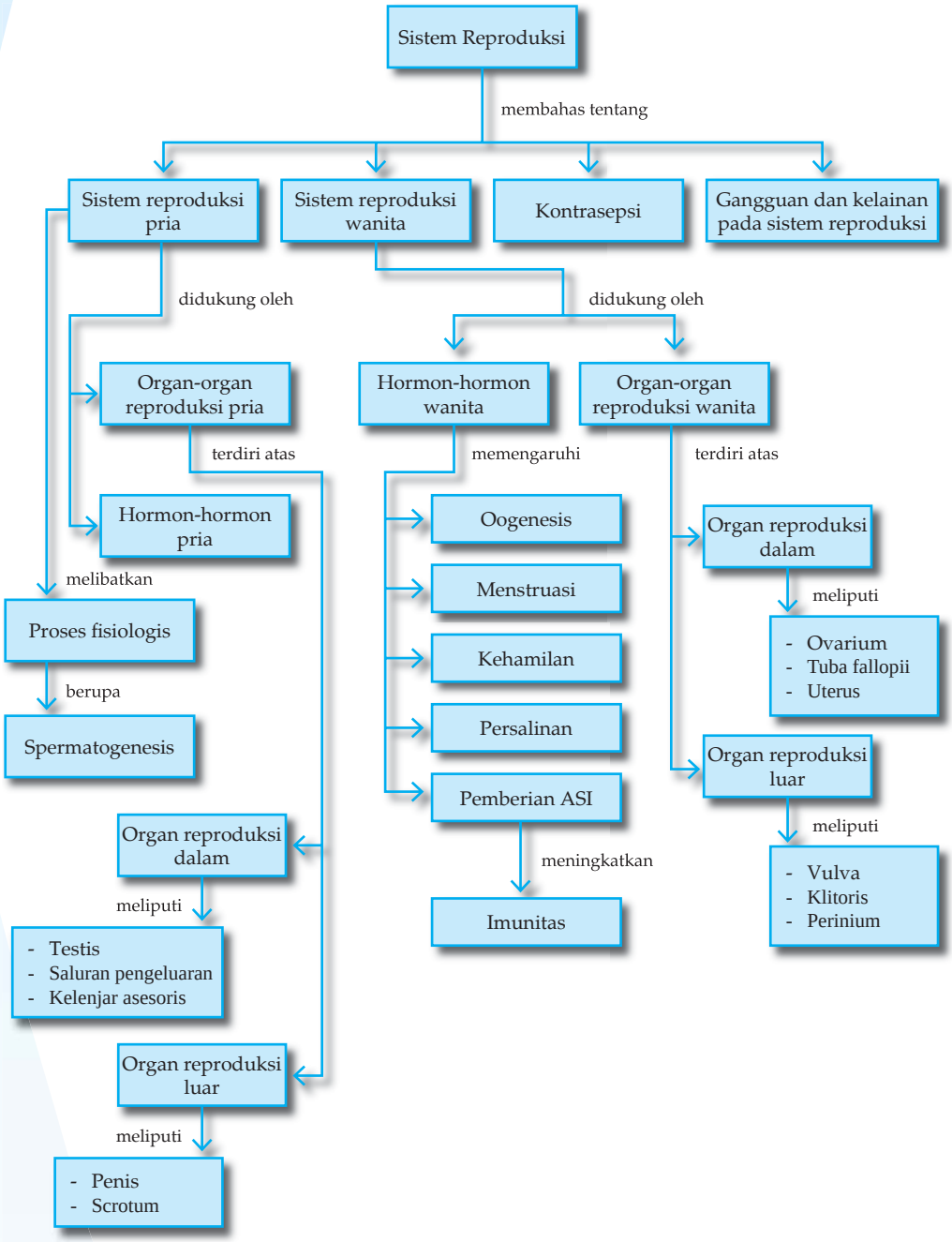
Sumber: *www.profile.myspace.com, 2006.*

Manusia terbentuk di dalam rahim dari hasil peleburan sperma dan sel telur. Kemudian setelah 9 bulan 10 hari, bayi akan lahir. Bagaimana hal itu dapat terjadi? Alat-alat apa saja yang berperan pada proses perkawinan pada manusia?

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi yang terdapat dalam bab ini diharapkan siswa mampu menjelaskan proses pembentukan sel kelamin, ovulasi, menstruasi, fertilisasi, kehamilan, dan pemberian ASI, serta mengetahui kelainan/penyakit yang dapat terjadi pada sistem reproduksi manusia.

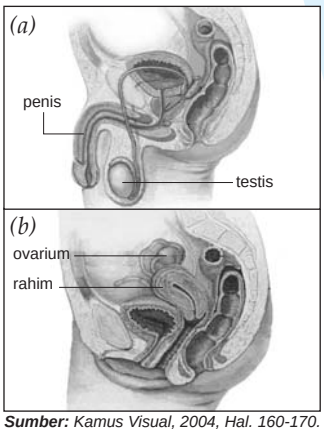
Peta Konsep


Sistem Reproduksi
membahas tentang
Sistem reproduksi pria
Sistem reproduksi wanita
Kontrasepsi
Gangguan dan kelainan pada sistem reproduksi
didukung oleh
didukung oleh
Organ-organ reproduksi pria
Hormon-hormon wanita
Organ-organ reproduksi wanita
terdiri atas
memengaruhi
terdiri atas
Hormon-hormon pria
Oogenesis
Organ reproduksi dalam
Menstruasi
meliputi
Kehamilan
- Ovarium
- Tuba fallopii
- Uterus
melibatkan
Persalinan
Organ reproduksi luar
Proses fisiologis
Pemberian ASI
meliputi
berupa
meningkatkan
Spermatogenesis
Imunitas
- Vulva
- Klitoris
- Perinium
Organ reproduksi dalam
meliputi
- Testis
- Saluran pengeluaran
- Kelenjar asesoris
Organ reproduksi luar
meliputi
- Penis
- Scrotum

A. Pendahuluan

Reproduksi merupakan proses menghasilkan individu baru dari organisme sebelumnya. Organisme bereproduksi melalui dua cara, yaitu:

1. Repoduksi Aseksual (Vegetatif)
 Reproduksi aseksual adalah terbentuknya individu baru tanpa melakukan peleburan sel kelamin.
2. Reproduksi Seksual (Generatif)
 Umumnya melibatkan persatuan sel kelamin (gamet) dari dua individu yang berbeda jenis kelamin.



Sumber: *Kamus Visual, 2004, Hal. 160-170.*

Gambar 9.1 *(a) Alat reproduksi pria, (b) alat reproduksi wanita.*

Pada reproduksi generatif terjadi persatuan dua macam gamet dari dua individu yang berbeda jenis kelaminnya, sehingga terjadi percampuran materi genetik yang memungkinkan terbentuknya individu baru dengan sifat baru. Pada organisme tingkat tinggi mempunyai dua macam gamet, gamet jantan atau spermatozoa dan gamet betina atau sel telur. Kedua macam gamet tersebut dapat dibedakan baik dari bentuk, ukuran, dan motilitasnya. Kondisi gamet yang demikian disebut *heterogamet*.

Peleburan dua macam gamet tersebut disebut *singami*. Peristiwa singami didahului dengan peristiwa fertilisasi (pembuahan), yaitu pertemuan sperma dengan sel telur. Pada organisme sederhana tidak dapat dibedakan gamet jantan dan gamet betina karena keduanya sama, maka disebut *isogamet*. Bila salah satu lebih besar dari lainnya disebut *anisogamet*.

B. Reproduksi Manusia

Sistem reproduksi adalah suatu rangkaian interaksi organ dan zat dalam organisme yang dipergunakan untuk berkembang biak. Sistem reproduksi pada manusia berbeda antara pria dan wanita. Pria menghasilkan gamet jantan atau spermatozoa yang dibentuk di dalam testis. Spermatozoa berukuran sangat kecil dan berbentuk menyerupai berudu, sedangkan wanita menghasilkan sel telur (ovum) yang dibentuk di dalam ovarium. Semenjak lahir, manusia memang telah dilengkapi alat (organ) reproduksi. Alat-alat reproduksi akan berfungsi ketika mencapai kematangan, di mana seseorang telah menginjak masa subur. Namun demikian, alat-alat reproduksi ini akan berfungsi serta berproses secara baik jika seseorang dalam keadaan sehat.

1. *Sistem Reproduksi Pria*

Sistem reproduksi pria meliputi organ-organ reproduksi, spermatogenesis, dan hormon-hormon pada pria. Organ reproduksi pria dirancang untuk dapat menghasilkan, menyimpan, dan mengirimkan sperma. Sperma tersimpan

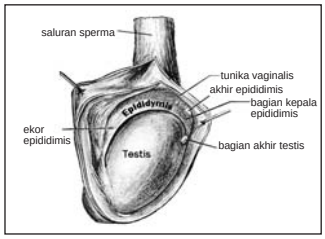
dalam cairan yang terlindung dan bergizi, yaitu air mani. Organ reproduksi pria dibedakan menjadi dua bagian, yaitu organ reproduksi dalam dan luar.

a. Organ reproduksi dalam

Organ reproduksi dalam pada sistem reproduksi pria terdiri atas testis, saluran pengeluaran, dan kelenjar asesoris. Berikut ini akan dijelaskan masing-masing organ dalam tersebut.

1) Testis

Testis atau buah zakar adalah bagian dari organ reproduksi pria, terletak di bawah penis, dalam scrotum (kantung zakar). Pria memiliki sepasang testis yang berbentuk oval berada di kiri dan kanan untuk memproduksi sperma. Sepasang testis ini dibungkus oleh lipatan kulit berbentuk kantung yang disebut kantung zakar (skrotum). Fungsi testis adalah alat untuk menghasilkan sperma dan hormon kelamin jantan yang disebut *testoteron*. Hormon inilah yang membuat 'sifat jantan', seperti otot-otot yang menonjol, suara besar, dan sebagainya. Di dalam testis terdapat saluran-saluran halus yang disebut tubulus seminiferus yang merupakan tempat pembentukan spermatozoa. Di belakang masing-masing terdapat epididimis. Dari masa puber (akil balig) sampai sepanjang hidupnya pria memproduksi sperma setiap waktu. Pria dapat melepaskan sperma saat ejakulasi atau waktu puncak bersenggama.



Sumber: www.wikipedia.org, 2006.

Gambar 9.2 Testis.

2) Saluran pengeluaran

Saluran pengeluaran pada organ reproduksi dalam alat reproduksi pria terdiri atas saluran epididimis, vas deferens, saluran ejakulasi, dan uretra.

a) Saluran epididimis

Di tempat ini, sperma mengalami pematangan. Selanjutnya dari sini, sperma bergerak menuju kantung kemih (vesikula seminalis) melalui saluran mani (vas deferens). Sperma ditampung sementara waktu pada kantung kemih.

b) Vas deferens

Vas deferens merupakan sambungan dari epididimis. Saluran ini tidak menempel pada testis dan ujung salurannya terdapat di dalam kelenjar prostat. Fungsi saluran ini adalah sebagai saluran tempat jalannya sperma dari epididimis menuju kantung semen (kantung mani/vesikula seminalis).

c) Saluran ejakulasi

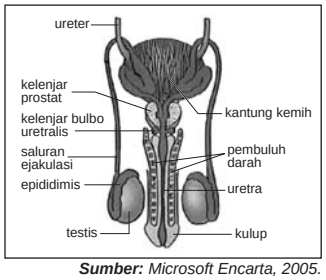
Saluran ejakulasi merupakan saluran pendek yang menghubungkan kantung semen dengan uretra. Saluran ini berfungsi untuk mengeluarkan sperma agar masuk ke dalam uretra.

d) *Uretra*

Uretra adalah saluran yang menghubungkan kantung kemih ke lingkungan luar tubuh. Uretra berfungsi sebagai saluran pembuangan baik pada sistem kemih atau ekskresi maupun pada sistem seksual. Pada pria, uretra berfungsi juga dalam sistem reproduksi sebagai saluran pengeluaran air mani.

Pada pria, panjang uretra sekitar 20 cm dan berakhir pada akhir penis. Uretra pada pria dibagi menjadi empat bagian, dinamakan sesuai dengan letaknya, yaitu:

- *Pars praprostatica*, terletak sebelum kelenjar prostat.
- *Pars prostatica*, terletak di prostat. Pada bagian uretra ini terdapat pembukaan kecil, di mana terletak muara vas deferens.
- *Pars membranosa*, panjang sekitar 1,5 cm dan di bagian lateral terdapat kelenjar bulbo uretralis.
- *Pars spongiosa/cavernosa*, panjang sekitar 15 cm dan melintas di corpus spongiosum penis.



Sumber: *Microsoft Encarta, 2005.*

Gambar 9.3 *Sistem reproduksi organ dalam pria*

3) *Kelenjar asesoris*

Pada waktu sperma melalui saluran pengeluaran, terjadi penambahan berbagai getah kelamin yang dihasilkan oleh kelenjar asesoris. Kelenjar ini berfungsi untuk mempertahankan hidup dan pergerakan sperma. Kelenjar asesoris merupakan kelenjar kelamin yang terdiri atas:

a) *Vesikula seminalis*

Vesikula seminalis terletak di belakang kantung kemih disebut juga kantung semen. Dinding vesikula menghasilkan zat makanan yang merupakan sumber makanan bagi sperma.

b) *Kelenjar prostat*

Kelenjar prostat terletak di bawah kantung kemih dan merupakan pertemuan antara uretra dengan vas deferens.

c) *Kelenjar Cowper*

Kelenjar Cowper terletak di belakang kelenjar prostat dan langsung menuju uretra. Kelenjar prostat dan kelenjar Cowper berfungsi untuk menghasilkan sekret (hasil produksi kelenjar) untuk memberi nutrisi dan mempermudah gerakan spermatozoa.

b. *Organ reproduksi luar*

Sebagian besar, alat reproduksi laki-laki berada di bagian luar tubuh yang terlihat langsung. Organ reproduksi luar pada laki-laki meliputi penis dan scrotum.

1) *Penis*

Penis (dari bahasa Latin *phallus* yang artinya ekor) adalah alat kelamin jantan dan juga berfungsi sebagai organ eksternal untuk urinasi.

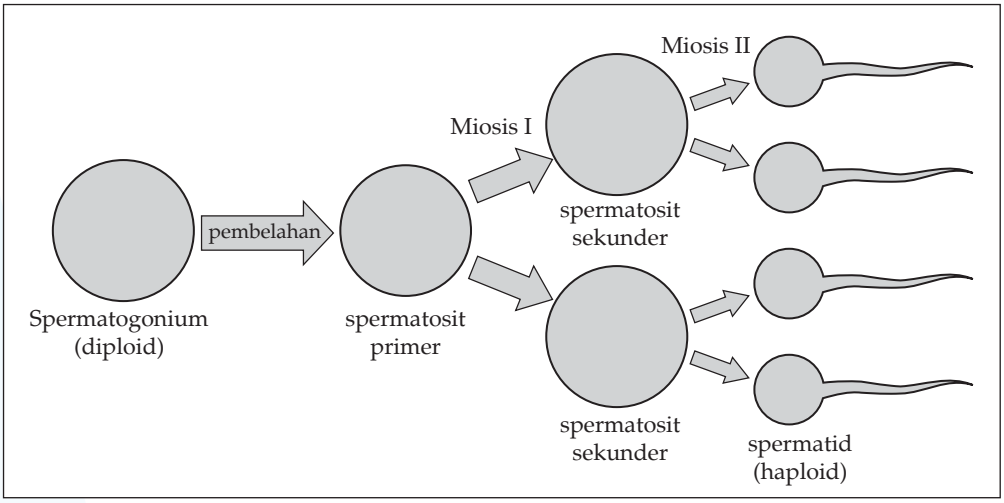
Penis terdiri atas tiga rongga yang berisi jaringan spons. Uretra pada penis dikelilingi oleh jaringan erektil yang rongga-rongganya banyak mengandung pembuluh darah dan ujung-ujung saraf perasa. Bila ada suatu rangsangan, maka rongga tersebut akan terisi penuh oleh darah sehingga penis menjadi tegang dan mengembang (ereksi).

2) *Scrotum (kantung zakar)*
Scrotum merupakan kantung yang di dalamnya berisi testis. Scrotum berjumlah sepasang, yaitu scrotum kanan dan scrotum kiri. Di antara scrotum kanan dan scrotum kiri dibatasi oleh sekat yang berupa jaringan ikat dan otot polos.

c. *Spermatogenesis*

Spermatogenesis merupakan proses pembentukan dan pematangan spermatozoa (sel benih pria). Proses ini berlangsung dalam testis (buah zakar) dan lamanya sekitar 72 hari. Proses spermatogenesis sangat bergantung pada mekanisme hormonal tubuh.

Spermatozoa (sperma) yang normal memiliki kepala dan ekor, di mana kepala mengandung materi genetik DNA, dan ekor yang merupakan alat pergerakan sperma. Sperma yang matang memiliki kepala dengan bentuk lonjong dan datar serta memiliki ekor bergelombang yang berguna mendorong sperma memasuki air mani. Kepala sperma mengandung inti yang memiliki kromosom dan juga memiliki struktur yang disebut *akrosom*. Akrosom mampu menembus lapisan jelly yang mengelilingi telur dan membuahinya bila perlu. Sperma diproduksi oleh organ yang bernama testis dalam kantung zakar. Hal ini menyebabkan testis terasa lebih dingin dibandingkan anggota tubuh lainnya. Pembentukan sperma berjalan lambat pada suhu normal, tapi terus-menerus terjadi pada suhu yang lebih rendah dalam kantung zakar.



Sumber: www.emc.maricopa.edu, 2006.

Gambar 9.4 *Spermatogenesis.*

Pada tubulus seminiferus testis terdapat sel-sel induk spermatozoa atau spermatogonium. Selain itu juga terdapat sel Sertoli yang berfungsi

memberi makan spermatozoa juga sel Leydig yang terdapat di antara tubulus seminiferus. Sel Leydig berfungsi menghasilkan testosteron.

d. Proses spermatogenesis

Spermatogonium berkembang menjadi sel spermatosit primer. Sel spermatosit primer bermiosis menghasilkan spermatosit sekunder. Spermatosit sekunder membelah lagi menghasilkan spermatid. Spermatid berdeferensiasi menjadi spermatozoa masak. Bila spermatogenesis sudah selesai, maka ABP *(Androgen Binding Protein)* testosteron tidak diperlukan lagi, sel Sertoli akan menghasilkan hormon inhibin untuk memberi umpan balik kepada hipofisis agar menghentikan sekresi FSH dan LH.

Kemudian spermatozoa akan keluar melalui uretra bersama-sama dengan cairan yang dihasilkan oleh kelenjar vesikula seminalis, kelenjar prostat, dan kelenjar Cowper. Spermatozoa bersama cairan dari kelenjar-kelenjar tersebut dikenal sebagai semen atau air mani. Pada waktu ejakulasi, seorang laki-laki dapat mengeluarkan 300 - 400 juta sel spermatozoa. Pada laki-laki, spermatogenesis terjadi seumur hidup dan pelepasan spermatozoa dapat terjadi setiap saat.

e. Hormon reproduksi pada pria

Proses pembentukan spermatozoa dipengaruhi oleh kerja beberapa hormon. Hormon-hormon tersebut adalah sebagai berikut:

1) Testosteron

Testosteron adalah hormon yang bertanggung jawab terhadap pertumbuhan seks sekunder pria seperti pertumbuhan rambut di wajah (kumis dan jenggot), pertambahan massa otot, dan perubahan suara. Hormon ini diproduksi di testis, yaitu di sel Leydig. Produksinya dipengaruhi oleh FSH *(Follicle Stimulating Hormone)*, yang dihasilkan oleh hipofisis. Hormon ini penting bagi tahap pembelahan sel-sel germinal untuk membentuk sperma, terutama pembelahan meiosis untuk membentuk spermatosit sekunder.

2) Luteinizing Hormone/LH

Hormon ini dihasilkan oleh kelenjar hipofisis anterior. Fungsi LH adalah merangsang sel Leydig untuk menghasilkan hormon testosteron. Pada masa pubertas, androgen/testosteron memacu tumbuhnya sifat kelamin sekunder.

Pada pria, awal pubertas antara usia 13 sampai 15 tahun terjadi peningkatan tinggi dan berat badan yang relatif cepat bersamaan dengan pertambahan lingkar bahu dan pertambahan panjang penis dan testis. Rambut pubis dan kumis serta jenggot mulai tumbuh. Pada masa ini, pria akan mengalami mimpi basah.

3) Follicle Stimulating Hormone/FSH

Hormon ini dihasilkan oleh kelenjar hipofisis anterior. FSH berfungsi untuk merangsang sel Sertoli menghasilkan ABP (*Androgen Binding Protein*) yang akan memacu spermatogonium untuk memulai proses spermatogenesis.

Proses pemasakan spermatosit menjadi spermatozoa disebut *spermiogenesis*. Spermiogenesis terjadi di dalam epididimis dan membutuhkan waktu selama 2 hari.

4) Estrogen

Estrogen dibentuk oleh sel-sel Sertoli ketika distimulasi oleh FSH. Sel-sel Sertoli juga mensekresi suatu protein pengikat androgen yang mengikat testoteron dan estrogen serta membawa keduanya ke dalam cairan pada tubulus seminiferus. Kedua hormon ini tersedia untuk pematangan sperma.

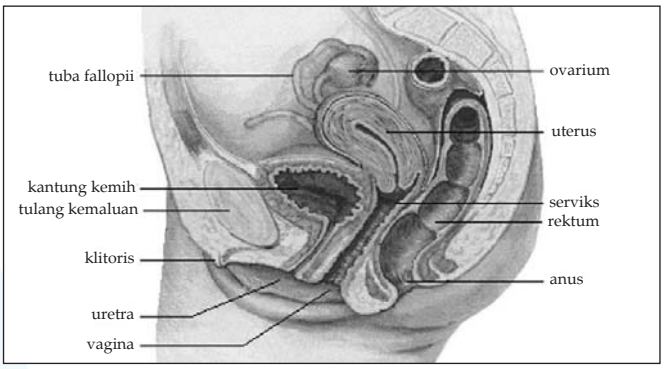
5) Hormon Pertumbuhan

Hormon pertumbuhan diperlukan untuk mengatur metabolisme testis. Hormon pertumbuhan secara khusus meningkatkan pembelahan awal pada spermatogenesis.

2. Sistem Reproduksi Wanita

Sistem reproduksi wanita meliputi kumpulan organ-organ reproduksi, proses oogenesis, fertilisasi, kehamilan, dan persalinan. Organ reproduksi perempuan adalah alat atau bagian tubuh perempuan yang berkaitan erat dengan kehamilan atau kemampuan beranak.

Organ reproduksi wanita terbagi dua yaitu di dalam dan di bagian luar tubuh. Organ reproduksi dalam tubuh tidak dapat dilihat secara langsung, sebaliknya alat reproduksi luar dapat dilihat. Setiap bagian dari alat reproduksi ini menyambungkan dengan setiap bagian yang lainnya. Semua alat reproduksi dalam ini ditopang oleh tulang pinggul. Perhatikan gambar 9.5.



Sumber: www.wikipedia.org, 2006.

Gambar 9.5 Alat reproduksi wanita.

a. Organ reproduksi dalam

Organ reproduksi dalam membentuk sebuah jalur (*saluran kelamin*), yang terdiri atas sepasang indung telur (ovarium), sepasang saluran telur (tuba fallopii), dan rahim (uterus).

1) Sepasang indung telur (ovarium)

Ovarium atau indung telur adalah kelenjar kelamin wanita. Setiap wanita memiliki sepasang ovarium. Masing-masing ovarium berada di sisi kanan dan

kiri rahim serta berukuran sama besar, yaitu sebesar kacang kecil. Sepasang ovarium ini secara bergantian memiliki tugas memproduksi telur setiap bulan. Dalam ovarium terdapat *folikel de Graaf* yang akan berkembang menjadi sel telur (ovum). Proses perkembangan sel telur disebut *oogenesis*. Pada manusia, perkembangan oogenesis mulai dari oogonium sampai menjadi oosit terjadi pada embrio dalam kandungan. Oosit tidak akan berkembang menjadi ovum sampai dimulainya masa pubertas.

Ovarium memulai tugasnya pada saat seorang anak wanita mulai mengalami haid, sekitar umur 10-12 tahun. Di dalam ovarium ini, sebenarnya terdapat ratusan sel telur, tetapi setiap bulannya hanya ada satu sel telur yang matang, entah dari ovarium sebelah kiri atau sebelah kanan. Telur yang matang ini hanya bertahan hidup selama 24 jam (satu hari). Jika sperma berjumpa dan berhasil menembus sel telur yang matang, yang masih hidup, maka terjadi pembuahan (ovulasi). Sel telur yang berhasil dibuahi oleh sel spermatozoa akan membentuk zigot. Selanjutnya akan berkembang sampai menjadi bayi selama sembilan bulan lebih beberapa hari dalam kandungan.

Setiap janin wanita pada usia kehamilan 20 minggu memiliki 6-7 juta oosit (sel telur yang sedang tumbuh) dan ketika lahir akan memiliki 2 juta oosit. Pada masa puber, tersisa sebanyak 300.000-400.000 oosit yang mulai mengalami pematangan menjadi sel telur, tetapi hanya sekitar 400 sel telur yang dilepaskan selama masa reproduktif wanita, biasanya setiap siklus menstruasi dilepaskan 1 telur. Ribuan oosit yang tidak mengalami proses pematangan secara bertahap akan hancur dan akhirnya seluruh sel telur akan hilang pada masa menopause.

Sebelum dilepaskan, sel telur tertidur di dalam folikelnya. Sel telur yang tidur tidak dapat melakukan proses perbaikan seluler seperti biasanya, sehingga peluang terjadinya kerusakan pada sel telur semakin meningkat sejalan dengan bertambahnya usia wanita. Karena itu kelainan kromosom maupun kelainan genetik lebih mungkin terjadi pada wanita yang hamil pada usianya yang telah lanjut.

Selain itu, ovarium memproduksi juga dua hormon penting dalam kehidupan perempuan. Kedua hormon tersebut adalah estrogen dan progesteron. Hormon-hormon ini berpengaruh besar pada pertumbuhan, pembangunan, dan berfungsi untuk semua organ tubuh perempuan terutama alat-alat reproduksi. Misalnya, hormonlah yang menyebabkan pertumbuhan payudara dan penyebab haid (menstruasi) setiap bulan.

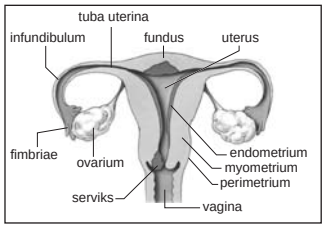
2) *Sepasang saluran telur (tuba fallopii)*

Wanita memiliki sepasang saluran telur, yang masing-masing menyambungkan antara masing-masing ovarium dengan rahim pada setiap sisinya. Panjang masing-masing saluran telur ini, sekitar 10-12 sentimeter dari tepi atas rahim ke arah ovarium. Ujung kiri dan kanan dari saluran telur ini membentuk corong sehingga memiliki lubang yang lebih besar agar sel telur jatuh ke dalamnya ketika dilepaskan dari ovarium.

Ovarium tidak menempel pada saluran telur tetapi menggantung dengan bantuan sebuah ligamen. Sel telur bergerak di sepanjang saluran telur dengan bantuan *silia* (rambut getar) dan otot pada dinding tuba. Jika di dalam tuba fallopii sel telur bertemu dengan sperma dan dibuahi, maka sel telur yang telah dibuahi ini mulai membelah. Selama 4 hari, embrio yang kecil terus membelah sambil bergerak secara perlahan menuruni saluran dan masuk ke dalam rahim. Untuk sampai di rahim, telur ini membutuhkan waktu lima hari, sejak dilepaskan dari ovarium. Embrio lalu menempel ke dinding rahim dan proses ini disebut *implantasi*.

3) *Rahim (uterus)*

Rahim terletak di belakang kandung kemih dan di depan rektum. Rahim diikat oleh 6 ligamen. Rahim merupakan saluran berongga yang lebih besar dengan bagian ujungnya bersatu membentuk saluran sempit, yaitu vagina. Rahim terletak di bagian pusat sistem, berbentuk kantung tempat bayi berkembang. Tanpa bayi di dalamnya rahim sangat kecil hanya 7 hingga 9 cm dengan berat 60 gram. Perhatikan gambar 9.6.



Sumber: *www.wikipedia.org, 2007.*

Gambar 9.6 *Uterus.*

Rahim terbagi menjadi 2 bagian, yaitu:

a) *Serviks (leher rahim)*

Serviks terletak di puncak vagina. Serviks merupakan uterus bagian bawah yang membuka ke arah vagina. Sebuah saluran yang melalui serviks yang memungkinkan sperma masuk ke dalam rahim dan darah menstruasi keluar. Serviks biasanya merupakan penghalang yang baik bagi bakteri, kecuali selama masa menstruasi dan selama masa *ovulasi* (pelepasan sel telur). Saluran di dalam serviks adalah sempit, bahkan terlalu sempit sehingga selama kehamilan janin tidak dapat melewatinya. Tetapi pada proses persalinan saluran ini akan meregang sehingga bayi bisa melewatinya.

Saluran serviks dilapisi oleh kelenjar penghasil lendir. Lendir ini tebal dan tidak dapat ditembus oleh sperma kecuali sesaat sebelum terjadinya ovulasi. Pada saat ovulasi, konsistensi lendir berubah sehingga sperma bisa menembusnya dan terjadilah pembuahan (*fertilisasi*). Selain itu, pada saat ovulasi kelenjar penghasil lendir di serviks juga mampu menyimpan sperma yang hidup selama 2 - 3 hari. Sperma ini kemudian dapat bergerak ke atas melalui korpus dan masuk ke tuba fallopii untuk membuahi sel telur. Oleh karena itu, hubungan seksual yang dilakukan dalam waktu 1 -2 hari sebelum ovulasi bisa menyebabkan kehamilan.

Selama masa reproduktif, lapisan lendir vagina memiliki permukaan yang berkerut-kerut. Sebelum pubertas dan sesudah menopause, lapisan lendir menjadi licin.

b) *Korpus (badan rahim)*

Korpus biasanya bengkok ke arah depan. Selama masa reproduktif, panjang korpus adalah 2 kali dari panjang serviks. Korpus merupakan jaringan kaya otot yang bisa melebar untuk menyimpan janin. Selama proses

persalinan, dinding ototnya mengerut sehingga bayi terdorong keluar melalui serviks dan vagina.

Lapisan dalam dari korpus disebut *endometrium*. Setiap bulan setelah siklus menstruasi, endometrium akan menebal. Jika tidak terjadi kehamilan, maka endometrium akan dilepaskan dan terjadilah perdarahan. Ini yang disebut dengan siklus menstruasi.

Telur yang terbuahi di saluran telur akan melekat sendiri dan menanamkan diri (nidasi) dalam selaput lendir di sisi dalam atau rongga rahim.Telur yang tertanam ini tidak mudah lepas atau rontok, karena lapisan dinding rahim cukup tebal. Telur ini akan tumbuh menjadi janin. Selanjutnya, rahim akan melindunginya dan memelihara kehidupan baru sampai pada saat kelahiran bayi.

Selama kehamilan, rahim sedikit demi sedikit tumbuh menjadi pegangan bagi pertumbuhan bayi, dengan kantung cairan di sekelilingnya dan dihubungkan oleh plasenta (ari-ari). Berbeda dengan sebelum kehamilan, pada saat kelahiran bayi, berat rahim sendiri mendekati satu kilogram. Sedangkan berat bayi, plasenta, dan cairan yang mengelilinginya, semuanya sekitar lima kilogram.

4) Liang senggama (vagina)

Vagina (dari bahasa Latin yang makna literalnya *pelindung* atau *selongsong*) adalah saluran berbentuk tabung yang menghubungkan uterus ke bagian luar tubuh. Dalam keadaan normal, dinding vagina bagian depan dan belakang saling bersentuhan sehingga tidak ada ruang di dalam vagina kecuali jika vagina terbuka (misalnya selama pemeriksaan atau selama melakukan hubungan seksual).

Lubang pada vagina disebut *introitus* dan daerah berbentuk separuh bulan di belakang introitus disebut *forset*. Jika ada rangsangan, dari saluran kecil di samping introitus akan keluar cairan (lendir) yang dihasilkan oleh *kelenjar bartolin*. Uretra terletak di depan vagina dan merupakan lubang tempat keluarnya air kemih dari kandung kemih.

b. Organ reproduksi luar

Organ kelamin luar wanita memiliki dua fungsi, yaitu sebagai jalan masuk *sperma* ke dalam tubuh wanita dan sebagai pelindung organ kelamin dalam dari organisme penyebab infeksi. Saluran kelamin wanita memiliki lubang yang berhubungan dengan dunia luar, sehingga mikroorganisme penyebab penyakit bisa masuk dan menyebabkan infeksi kandungan. Mikroorganisme ini biasanya ditularkan melalui hubungan seksual.

Organ reproduksi luar wanita terdiri atas vulva, klitoris, dan perineum. Berikut ini merupakan penjelasan yang lebih terperinci dari organ reproduksi luar wanita tersebut.

1) Vulva

Vulva dibatasi oleh labium mayor (sama dengan scrotum pada pria). Labium mayor terdiri dari kelenjar keringat dan kelenjar sebasea (penghasil

minyak). Setelah puber labium mayor akan ditumbuhi rambut. Labium minor terletak tepat di sebelah dalam dari labium mayor dan mengelilingi lubang vagina dan uretra.

Organ reproduksi luar wanita memiliki dua fungsi, yaitu sebagai jalan masuk sperma ke dalam tubuh wanita dan sebagai pelindung organ kelamin dalam dari organisme penyebab infeksi.

2) *Klitoris*

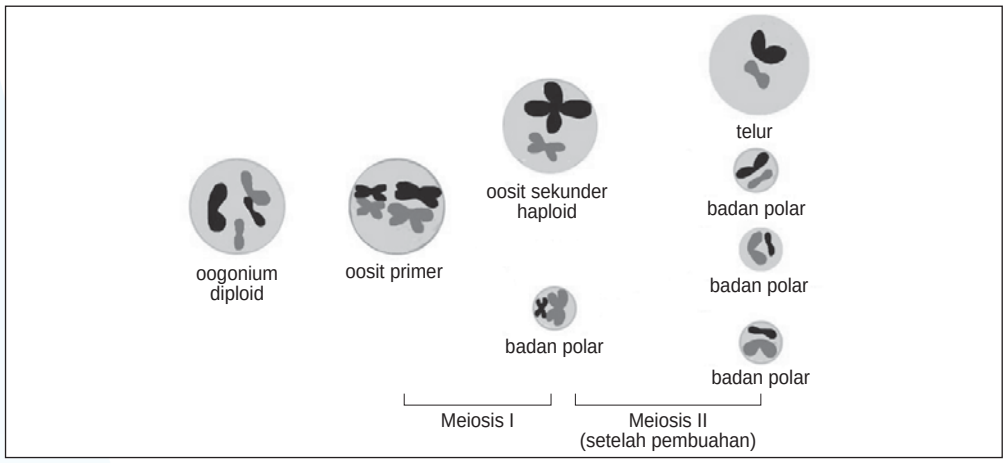
Klitoris merupakan penonjolan kecil yang sangat peka (sama dengan penis pada pria). Klitoris merupakan pertemuan antara labium minor kiri dan kanan yang bertemu di depan. Klitoris dibungkus oleh sebuah lipatan kulit yang disebut *preputium* (sama dengan kulit depan pada ujung penis pria). Klitoris sangat sensitif terhadap rangsangan dan bisa mengalami ereksi.

3) *Perineum*

Perineum merupakan suatu jaringan *fibromuskuler* di antara vagina dan anus. Perineum merupakan pertemuan labium mayor kiri dan kanan yang bertemu di bagian belakang. Kulit yang membungkus perineum dan labium mayor sama dengan kulit di bagian tubuh lainnya, yaitu tebal dan kering dan bisa membentuk sisik. Sedangkan selaput pada labium minor dan vagina merupakan selaput lendir, lapisan dalamnya memiliki struktur yang sama dengan kulit, tetapi permukaannya tetap lembap karena adanya cairan yang berasal dari pembuluh darah pada lapisan yang lebih dalam.

Pada wanita, awal pubertas biasanya dimulai pada usia 9 sampai 16 tahun. Pada usia ini, tingkat pertumbuhan remaja putri meningkat pesat, disertai pembesaran payudara dan tumbuhnya rambut pubis. Dalam waktu 1 hingga 2 tahun setelah perubahan ini, tumbuh bulu ketiak dan keputihan normal *(leukorea fisiologis)*. Beberapa bulan kemudian periode menstruasi pertama *(menarkhe)* pun dimulai yang akhirnya akan menjadi menstruasi siklik. Kejadian menarkhe ini berbeda pada tiap individu.

c. *Oogenesis*



Sumber: *www.emc.maricopa.edu, 2006.*

Gambar 9.7 *Oogenesis.*

Oogenesis merupakan proses pembentukan ovum di dalam ovarium. Di dalam ovarium janin, sudah terkandung sel pemula atau oogonium. Oogonium akan berkembang menjadi oosit primer. Saat bayi dilahirkan, oosit primer dalam fase profase pada pembelahan meiosis. Oosit primer kemudian mengalami masa istirahat hingga masa pubertas.

Pada masa pubertas terjadilah oogenesis. Oosit primer membelah secara meiosis, menghasilkan 2 sel yang berbeda ukurannya. Sel yang lebih kecil, yaitu badan polar pertama membelah lebih lambat, membentuk 2 badan polar. Sel yang lebih besar yaitu oosit sekunder, melakukan pembelahan meiosis kedua yang hanya berlangsung sampai terjadi ovulasi. Jika tidak terjadi fertilisasi, oosit sekunder akan mengalami degenerasi. Tetapi, jika ada penetrasi sperma, maka pembelahan meiosis II pada oosit sekunder akan dilanjutkan kembali. Pembelahan meiosis II pada oosit sekunder menghasilkan ovum tunggal dan badan polar kedua. Ovum berukuran lebih besar dari badan polar kedua.

Pada wanita, ovulasi hanya berlangsung sampai umur sekitar 45 - 50 tahun. Seorang wanita hanya mampu menghasilkan paling banyak 400 ovum selama hidupnya, meskipun ovarium seorang bayi perempuan sejak lahir sudah berisi 500 ribu sampai 1 juta oosit primer.

Setiap bulan, wanita melepaskan satu sel telur dari salah satu ovariumnya. Bila sel telur ini tidak dibuahi maka akan dikeluarkan melalui proses menstruasi. Menstruasi terjadi secara periodik satu bulan sekali. Saat wanita tidak mampu lagi melepaskan ovum karena sudah habis tereduksi, menstruasi pun menjadi tidak teratur lagi, sampai kemudian terhenti sama sekali. Masa ini disebut *menopause*.

d. Siklus menstruasi pada wanita

Menstruasi bisa menjadi salah satu pertanda bahwa seorang wanita sudah memasuki masa suburnya. Secara biologis, menstruasi menandakan sudah terbuangnya sel telur miliknya yang sudah matang. Pembuangan ini dilakukan karena ada proses pergantian sel telur dengan sel telur yang baru. Bayangkan saja, kalau seandainya tubuh tidak mengeluarkan sel telur yang sudah matang ini, maka akan menjadi sel telur yang busuk.

Menstruasi terjadi pada semua wanita yang sehat dan memiliki organ reproduksi yang sehat juga. Menstruasi bisa menjadi salah satu pertanda bahwa wanita memiliki organ reproduksi yang sehat, dan merupakan salah satu indikator kesuburan.

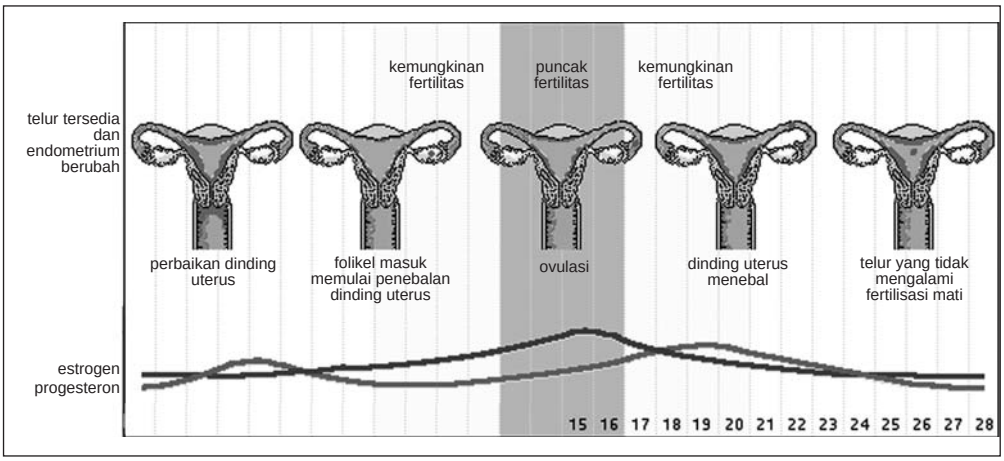
Ada beberapa faktor yang bisa menyebabkan siklus dan pola menstruasi menjadi tidak teratur, yaitu:

1) kondisi hormonal belum stabil,
2) kondisi fisik terganggu,
3) kondisi psikis terganggu,
4) kurangnya asupan gizi,
5) hamil.

Tindak Lanjut

Amatilah skema spermatogenesis dan oogenesis. Uraikan dengan bahasa kalian sendiri dalam kertas folio. Kumpulkan hasilnya pada guru kalian!

Umumnya siklus menstruasi terjadi secara periodik setiap 28 hari (ada pula setiap 21 hari dan 30 hari). Pada hari ke-1 sampai hari ke-14 terjadi pertumbuhan dan perkembangan folikel primer yang dirangsang oleh hormon FSH. Pada saat tersebut sel oosit primer akan membelah dan menghasilkan ovum yang haploid. Saat folikel berkembang menjadi *folikel de Graaf* yang masak, folikel ini juga menghasilkan hormon estrogen yang merangsang keluarnya LH dari hipofisis. Estrogen yang keluar berfungsi merangsang perbaikan dinding uterus, yaitu endometrium yang habis terkelupas waktu menstruasi. Selain itu estrogen menghambat pembentukan FSH dan memerintahkan hipofisis menghasilkan LH yang berfungsi merangsang *folikel de Graaf* yang masak untuk mengadakan ovulasi yang terjadi pada hari ke-14. Waktu di sekitar terjadinya ovulasi disebut *fase estrus*. Perhatikan gambar 9.8.



Sumber: *Microsoft Encarta, 2005.*

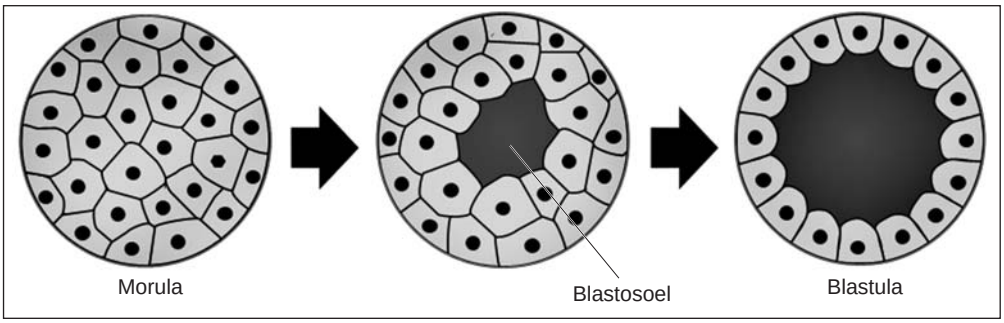
Gambar 9.8 *Siklus menstruasi.*

Selain itu, LH merangsang folikel yang telah kosong untuk berubah menjadi badan kuning *(korpus luteum)*. Badan kuning menghasilkan hormon progesteron yang berfungsi mempertebal lapisan endometrium yang kaya dengan pembuluh darah untuk mempersiapkan datangnya embrio. Periode ini disebut *fase luteal*. Selain itu progesteron juga berfungsi menghambat pembentukan FSH dan LH, akibatnya korpus luteum mengecil dan menghilang, pembentukan progesteron berhenti sehingga pemberian nutrisi kepada endometrium terhenti. Selanjutnya, endometrium akan terkelupas dan terjadilah perdarahan (menstruasi) pada hari ke-28. Fase ini disebut fase perdarahan atau fase menstruasi. Oleh karena tidak ada progesteron, maka FSH mulai terbentuk lagi dan terjadilan proses oogenesis kembali.

e. Fertilisasi

Peristiwa fertilisasi terjadi di saat spermatozoa membuahi ovum di tuba fallopii, maka terjadilah zigot. Kira-kira 24 sampai 30 jam setelah proses pembuahan, zigot menyelesaikan pembagian sel pertamanya. Proses mitosis, satu sel terbagi menjadi dua, dua menjadi empat, delapan, enam belas, dan seterusnya. Pada saat 32 sel disebut *morula*, di dalam morula terdapat rongga yang disebut *blastosoel* yang berisi cairan yang dikeluarkan oleh tuba fallopii,

bentuk ini kemudian disebut *blastula*. Lapisan terluar blastula disebut *trofoblas* merupakan dinding blastula yang berfungsi untuk menyerap makanan dan merupakan calon tembuni atau ari-ari (plasenta). Plasenta atau ari-ari berbentuk seperti cakram dengan garis tengah 20 cm, dan tebal 2,5 cm. Ukuran ini dicapai pada waktu bayi akan lahir tetapi pada waktu hari ke-28 setelah fertilisasi, plasenta berukuran kurang dari 1 mm. Plasenta berperan dalam pertukaran gas, makanan, dan zat sisa antara ibu dan fetus. Pada sistem hubungan plasenta, darah ibu tidak pernah berhubungan dengan darah janin, meskipun begitu virus dan bakteri dapat melalui penghalang (barier) berupa jaringan ikat dan masuk ke dalam darah janin.



Sumber: *www.wikipedia.org, 2007.*

Gambar 9.9 *Perkembangan morula menjadi blastula.*

Masa di dalam blastula disebut simpul embrio (*embrionik knot*) merupakan calon janin. Blastula ini bergerak menuju uterus untuk mengadakan implantasi (perlekatan dengan dinding uterus).

Pada hari ke-4 atau ke-5 sesudah ovulasi, blastula sampai di rongga uterus, hormon progesteron merangsang pertumbuhan uterus, dindingnya tebal, lunak, banyak mengandung pembuluh darah, serta mengeluarkan sekret seperti air susu *(uterin milk)* sebagai makanan embrio.

Enam hari setelah fertilisasi, trofoblas menempel pada dinding uterus (melakukan implantasi) dan melepaskan hormon *korionik gonadotropin*. Hormon ini melindungi kehamilan dengan cara menstimulasi produksi hormon estrogen dan progesteron sehingga mencegah terjadinya menstruasi. Trofoblas kemudian menebal beberapa lapis, permukaannya berjonjot dengan tujuan memperluas daerah penyerapan makanan. Embrio telah kuat menempel setelah hari ke-12 dari fertilisasi.

Setelah satu minggu, sel-sel pada kumpulan sel sebelah dalam membentuk dua lapisan yang disebut *hipoblas* dan *epiblas*. Hipoblas tumbuh menjadi kantung inti telur yang menjadi salah satu bagian tempat lewatnya nutrisi yang diberikan oleh ibu pada embrio muda. Sel-sel dari epiblas membentuk suatu selaput yang disebut *amnion*, di mana di dalamnya ada embrio dan kemudian janin berkembang sampai lahir.



Sumber: *Harun Yahya, Manusia dan Alam Semesta, 2004, Hal. 5.*

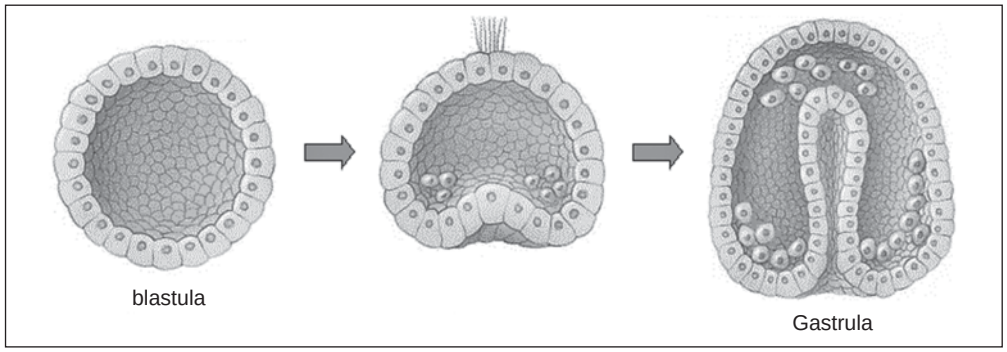
Gambar 9.10 *Zigot menempelkan diri di rahim ibu.*

1) *Pembuatan lapisan lembaga*

Setelah hari ke-12, tampak dua lapisan jaringan di sebelah luar disebut ektoderm dan di sebelah dalam endoderm. Endoderm tumbuh ke dalam blastosoel membentuk bulatan penuh. Dengan demikian terbentuklah usus primitif dan kemudian terbentuk pula kantung kuning telur (*Yolk Sac*) yang membungkus kuning telur. Pada manusia, kantung ini tidak berguna, maka tidak berkembang. Namun, kantung ini sangat berguna pada hewan ovipar (bertelur), misalnya ayam dan bebek, karena kantung ini berisi persediaan makanan bagi embrio.

- Fertilisasi terjadi kira-kira 24 – 30 jam setelah proses pembuahan.

Di antara lapisan ektoderm dan endoderm terbentuk lapisan mesoderm. Proses terbentuknya lapisan ektoderm, endoderm, dan mesoderm disebut gastrulasi. Ketiga lapisan tersebut merupakan lapisan lembaga *(germ layer).* Semua bagian tubuh manusia akan dibentuk oleh ketiga lapisan tersebut. Ektoderm akan membentuk epidermis kulit dan sistem saraf, endoderm membentuk saluran pencernaan dan kelenjar pencernaan, mesoderm membentuk antara lain rangka, otot, sistem peredaran darah, sistem ekskresi, dan sistem reproduksi.



Sumber: *trc.ucdavis.edu, 2007.*

Gambar 9.11 *Perkembangan blastula menjadi gastrula.*

2) *Membran (lapisan embrio)*

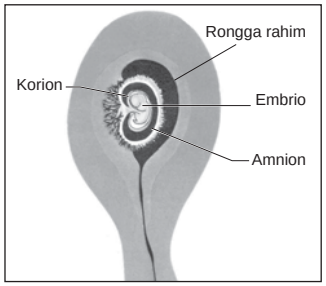
Membran embrio meliputi 4 macam, yaitu kantung kuning telur *(yolk sac)*, amnion, alantois, dan korion.

a) Kantung kuning telur (yolk sac)

Kantung kuning telur merupakan pelebaran endodermis yang berisi persediaan makanan bagi hewan ovipar, misalnya ayam dan bebek. Pada manusia hanya terdapat sedikit dan tidak berguna.

b) Amnion

Amnion merupakan kantung yang berisi cairan tempat embrio mengapung, gunanya melindungi janin dari tekanan atau benturan.



Sumber: *Ilmu Pengetahuan Populer Jilid 8, 2004, Hal. 229.*

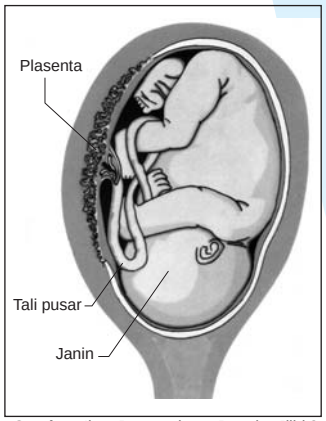
Gambar 9.12 *Embrio berumur 1 bulan.*

c) *Alantois*

Alantois berfungsi sebagai organ respirasi dan pembuangan sisa metabolisme. Pada mamalia dan manusia, alantois merupakan kantung kecil dan masuk ke dalam jaringan tangkai badan, yaitu bagian yang akan berkembang menjadi tali pusat.

d) *Korion*

Korion adalah dinding berjonjot yang terdiri dari mesoderm dan trofoblas. Jonjot korion menghilang pada hari ke-28, kecuali pada bagian tangkai badan, pada tangkai badan jonjot trofoblas masuk ke dalam daerah dinding uterus membentuk ari-ari (plasenta). Setelah semua membran dan plasenta terbentuk, maka embrio disebut janin/fetus.



Sumber: *Ilmu Pengetahuan Populer Jilid 8, 2004, Hal. 229.*

Gambar 9.13 *Janin pada manusia.*

f. Kehamilan dan perasalinan

Kehamilan dapat terjadi jika sel telur matang dibuahi oleh sel sperma. Kemudian, sel telur yang dibuahi tadi diantarkan dan disimpan oleh tubuh kita ke dalam rahim untuk kemudian tumbuh dan berkembang menjadi bayi. Wanita yang sudah dalam keadaan hamil tidak mungkin mengalami menstruasi, karena hormon yang biasa digunakan untuk mematangkan sel telur berubah fungsinya menjadi penyedia makanan bagi bayi. Kehamilan pada manusia biasanya kurang lebih sekitar 38 minggu dihitung sejak saat fertilisasi atau pembuahan, sampai saat kelahiran.

Kehidupan dalam rahim memiliki tiga tahapan, yaitu:

1) *Tahap preembrionik (dua setengah minggu pertama)*

Pada tahap pertama, zigot tumbuh membesar melalui pembelahan sel, dan terbentuklah segumpalan sel yang kemudian membenamkan diri pada dinding rahim. Seiring pertumbuhan zigot yang semakin membesar, sel-sel penyusunnya pun mengatur diri mereka sendiri guna membentuk tiga lapisan. Sekitar 2½ minggu, epiblas sudah membentuk 3 jaringan khusus, atau lapisan kuman, yang disebut ektoderm, endoderm, dan mesoderm. Ektoderm tumbuh menjadi beberapa struktur termasuk otak, urat saraf tulang belakang, syaraf, kulit, kuku, dan rambut. Endoderm membuat lapisan pelindung sistem pernapasan dan alat percernaan, dan membentuk bagian dari organ-organ tubuh yang penting seperti hati dan pankreas. Mesoderm membentuk jantung, ginjal, tulang, tulang rawan, otot-otot, sel-sel darah, dan struktur-struktur lainnya.

2) *Tahap embrionik (sampai akhir minggu ke delapan)*

Tahap kedua ini berlangsung selama lima setengah minggu. Pada masa ini bayi disebut sebagai *embrio*. Pada tahap ini, organ, dan sistem tubuh bayi mulai terbentuk dari lapisan-lapisan sel tersebut.

Setelah 3 minggu otak terbagi menjadi tiga bagian utama yang disebut dengan otak depan, otak tengah, dan otak belakang. Perkembangan sistem pernapasan dan sistem pencernaan juga sedang berlangsung. Sel-sel darah pertama muncul pada kantung inti telur, pembuluh darah terbentuk pada keseluruhan embrio, dan saluran jantung timbul. Hampir bersamaan jantung yang tumbuh dengan cepat masuk dengan sendirinya karena bilik yang terpisah sudah mulai berkembang. Jantung mulai berdenyut tiga minggu satu hari setelah proses pembuahan.

Otak, urat saraf tulang belakang, dan jantung embrio mulai muncul dan dapat diidentifikasikan dengan mudah pada kantung inti telur antara 3 sampai 4 minggu. Pertumbuhan yang cepat menyebabkan pelipatan pada embrio. Proses ini menyatukan sebagian kantung inti telur ke dalam lapisan pelindung sistem pencernaan dan membentuk rongga dada dan rongga perut manusia.

Setelah 4 minggu, amnion yang jernih menyelimuti embrio dalam suatu kantung yang berisi cairan. Cairan steril ini disebut cairan amniotik yang memberikan embrio perlindungan dari kecelakaan. Jantung biasanya berdenyut sekitar 113 kali per menit. Jantung akan berdenyut sekitar 54 juta kali sebelum kelahiran dan lebih dari 3,2 milyar kali sepanjang hidup dengan perkiraan umur sekitar 80 tahun. Pada masa ini, pertumbuhan otak yang cepat terlihat dengan adanya perubahan pada otak depan, otak tengah, dan otak belakang.

Perkembangan anggota tubuh bagian atas dan bawah dimulai dengan tampilnya permulaan tubuh pada janin setelah 4 minggu. Kulit terlihat transparan pada saat ini karena tebalnya hanya satu sel saja. Setelah kulit semakin menebal, kulit akan kehilangan transparansinya. Organ tubuh bagian dalam yang sedang berkembang hanya dapat dilihat dalam satu bulan lagi saja.

Antara 4 sampai 5 minggu, otak terus tumbuh dengan cepat dan membagi menjadi lima bagian yang berbeda. Kepala mengambil bagian sebesar 1/3 total ukuran embrio. *Hemisfer cerebral* muncul, secara berangsur-angsur menjadi bagian otak yang paling penting. Sejumlah fungsi dikontrol hemisfer cerebral termasuk berpikir, belajar, ingatan, percakapan, penglihatan, pendengaran, gerakan yang disengaja, dan penyelesaian masalah.

Pada sistem pernapasan, batang tenggorok sebelah kanan dan kiri sudah ada dan akhirnya akan menghubungkan trakea atau pipa udara dengan paru-paru. Ginjal yang permanen muncul setelah 5 minggu. Selain itu, kantung inti telur berisi sel-sel reproduktif awal.

Setelah 5 minggu, sel-sel reproduktif awal bermigrasi ke organ-organ reproduksi yang berada di samping ginjal. Di minggu kelima juga, embrio mengembangkan piringan tangan, dan mulai membentuk formasi tulang rawan setelah 5½ minggu. Di sini akan terlihat piringan tangan sebelah kiri dan pergelangan tangan setelah 5 minggu 6 hari.

Setelah enam minggu, hemisfer cerebral tumbuh lebih cepat dan tidak seimbang bila dibanding bagian otak lainnya. Embrio mulai membuat gerak-

gerak spontan dan gerak-gerak refleks. Gerakan semacam itu penting untuk meningkatkan perkembangan otot saraf yang normal. Sentuhan pada daerah mulut menyebabkan embrio secara reflektif menggerakkan kepalanya mundur. Kemudian telinga luar mulai terbentuk. Formasi sel darah berlangsung di dalam hati di mana *limfosit* sekarang telah ada. Jenis sel darah putih ini merupakan penentu perkembangan sistem kekebalan tubuh. Sebagian dari usus menonjol keluar untuk sementara, ke dalam tali pusat. Proses normal ini disebut *herniasi psikologis*, membuat ruang untuk perkembangan organ-organ lain di dalam abdomen.

Piringan tangan mengembang jadi agak mendatar. Gelombang otak telah tercatat sejak 6 minggu dua hari. Puting susu muncul di samping batang tubuh tidak lama sebelum mencapai tempat yang sesungguhnya di bagian depan dada.

Setelah 6½ minggu, siku terlihat jelas, jari-jari mulai menyebar, dan gerakan tangan sudah bisa dilihat. Pembentukan tulang disebut dengan *osifikasi*, dimulai di antara klavikula atau tulang bahu, tulang-tulang rahang atas, dan rahang bawah.

Tindak Lanjut

Di era sekarang kita sering mendengar istilah pergaulan bebas, di mana salah satu dampaknya adalah adanya hubungan layaknya suami istri di luar nikah. Kemukakan pendapat kalian tentang bentuk pergaulan tersebut! Kumpulkan hasilnya pada guru kalian!

Sejak minggu ketujuh, gerakan-gerakan kaki dapat dilihat seiring dengan respon terkejut. Empat bilik pada jantung hampir sempurna. Jantung pada minggu ini rata-rata berdenyut 167 kali per menit.

Aktivitas elektrik jantung mulai berfungsi pada minggu ke-7½. Pada saat ini jantung telah memperlihatkan pola bergelombang seperti jantung yang dimiliki orang dewasa. Setelah minggu ke-7½ ini, di selaput jala mata mulai muncul zat warna yang terlihat jelas. Bersamaan dengan ini, kelopak mata juga mengalami pertumbuhan dengan cepat. Selain itu, jari-jari tangan mulai terpisah, akhirnya tangan juga dapat menangkup seperti kaki. Jari-jari kaki menyatu di bagian pangkal saja dan sendi lutut mulai tumbuh.

Pada minggu ke-8, otak telah berkembang semakin jauh dan beratnya hampir setengah dari berat badan embrio. Pertumbuhan ini terus berlangsung dengan cepat. Setelah minggu ke-8, 75% dari embrio memperlihatkan dominasi tangan kanan, sedangkan yang 25% dari embrio memperlihatkan dominasi tangan kiri. Hal inilah yang menyebabkan munculnya kebiasaan tangan kiri atau tangan kanan.

Antara minggu ke-7 dan ke-8, kelopak mata atas dan bawah tumbuh dengan cepat dan hampir menyatu sehingga menutupi mata. Setelah 8 minggu, embrio kadang-kadang menunjukkan gerak bernapas, meskipun tidak ada udara di dalam uterus. Ginjal juga telah memproduksi urine yang disalurkan ke dalam cairan amniotik. Pada embrio laki-laki, testis yang berkembang mulai memproduksi dan melepaskan hormon testosteron.

Pada saat ini, tulang, sendi, otot, saraf, dan pembuluh darah di berbagai anggota tubuh sudah menyerupai orang dewasa. Kulit ari atau kulit luar menjadi suatu membran yang berlapis-lapis dan semakin tebal. Alis mata juga mulai tumbuh yang berupa rambut-rambut halus. Masa ini merupakan masa berakhirnya embrionik. Akhirnya, embrio manusia sudah tumbuh dari satu sel hingga mencapai 1 milyar sel yang membentuk sekitar 4.000 struktur anatomi yang mempunyai ciri khas. Pada saat ini, embrio memiliki lebih dari 90% dari struktur yang ada seperti yang dimiliki oleh orang dewasa.

Tindak Lanjut

Aborsi merupakan tindakan pengguguran kandungan yang dilakukan oleh seorang wanita yang sedang hamil. Menurut kalian benarkah tindakan tersebut? Kemukakan alasan kalian atas jawaban kalian tersebut! Kumpulkan hasilnya pada guru kalian!

3) Tahap fetus (dari minggu ke delapan sampai kelahiran)

Dimulai dari tahap ini dan seterusnya, bayi disebut sebagai *fetus*. Tahap ini dimulai sejak kehamilan bulan kedelapan dan berakhir hingga masa kelahiran. Ciri khusus tahapan ini adalah terlihatnya fetus menyerupai manusia dengan wajah, kedua tangan, dan kakinya. Meskipun pada awalnya memiliki panjang 3 cm, semua organnya telah nampak. Tahap ini berlangsung selama kurang lebih 30 minggu, dan perkembangan berlanjut hingga minggu kelahiran.

Setelah 9 minggu, janin mulai mengisap jempol dan janin dapat menelan cairan amniotik. Janin juga dapat menggenggam sesuatu, menggerakkan kepala ke depan dan ke belakang, buka tutup rahang, gerakkan lidah, mendesah, dan merenggangkan badan. Saraf penerima di wajah, telapak tangan, dan telapak kaki dapat merasakan sentuhan ringan. "Dalam merespon suatu sentuhan ringan di telapak kaki," janin akan menekuk pinggul dan lutut serta menangkupkan jari kaki. Sekarang kelopak mata tertutup dengan rapat. Dalam laring, kemunculan pita suara menunjukkan dimulainya perkembangan pita suara. Pada janin perempuan, rahim bisa diidentifikasikan dan sel-sel reproduksi awal (oogonia), saling meniru dalam ovarium. Alat kelamin luar mulai membuat perbedaan mendasar sebagai laki-laki atau perempuan.

Persalinan merupakan proses kelahiran bayi. Pada persalinan, uterus secara perlahan menjadi lebih peka sampai akhirnya berkontraksi secara berkala hingga bayi dilahirkan.

Pada masa persalinan, hormon yang memengaruhi peningkatan kepekaan yaitu:

- Estrogen, dihasilkan oleh plasenta yang kontraksinya meningkat pada saat persalinan.
- Oksitoksin, dihasilkan oleh hipofisis ibu dan janin dan berfungsi untuk kontraksi uterus.
- Prostaglandin, dihasilkan oleh membran pada janin.
- Relaksin, dihasilkan oleh korpus luteum pada ovarium dan plasenta serta berfungsi untuk relaksasi atau melunakkan serviks dan melonggarkan tulang panggul sehingga mempermudah persalinan.

g. Pemberian air susu ibu (ASI)

Alam telah menyediakan makanan paling lengkap dan berlimpah untuk melindungi pertumbuhan dan kesehatan bayi melalui ibu. Air susu ibu memenuhi seluruh kebutuhan biologis bayi. Menyusui adalah cara pemberian makan bayi yang paling baik karena semua unsur gizi yang diperlukan untuk pertumbuhan dan perkembangan bayi normal ada di dalamnya. Pada saat yang sama, tindakan menyusui membangun hubungan intim dan hangat antara ibu dan bayinya. Hal ini sangat penting bagi perkembangan psikologis yang sehat dari sang bayi. Sebaiknya sejak awal kehamilan seorang ibu sudah harus mempunyai keinginan ini.

Untuk menyusui dengan baik, seorang ibu harus mengonsumsi makanan yang sehat. Mengonsumsi makanan seimbang harus dilakukan selama masa hamil dan menjadi makin penting pada waktu menyusui. Ada kemungkinan seorang ibu harus meningkatkan asupan makanan sebanyak 500 sampai 600 kalori per hari. Susu, air, dan jus juga penting dikonsumsi untuk meningkatkan produksi air susu.

Selain memberikan gizi lengkap secara alami, air susu ibu juga memberikan banyak keuntungan penting. Keseimbangan yang tepat antara protein, karbohidrat, lemak, dan mineral menyebabkan air susu ibu mudah dicerna, sehingga jarang sekali menimbulkan gangguan pencernaan seperti diare dan konstipasi.

Bayi-bayi yang disusui jarang sekali mengalami kelebihan berat badan, kemungkinan menderita dehidrasi serta akibat-akibat lainnya. Jarang di antara mereka yang menderita alergi ataupun infeksi karena bakteri. ASI memberikan proteksi alamiah dengan cara mengalirkan antibodi penting dari ibu ke bayinya. Menyusui memberikan manfaat psikologis kepada bayi karena melalui menyusui ia merasakan kehangatan dan kedekatan fisik ibunya, menikmati suara dan wajah ibunya, sekaligus memuaskan kebutuhan untuk mengisap.

Biologi Kita

Apakah ASI Dapat Memerangi Kanker?

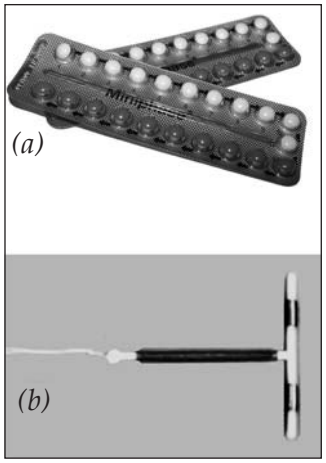
Berdasarkan hasil seluruh penelitian yang telah dilakukan, terbukti bahwa ASI, yang dibahas dalam ratusan tulisan yang telah terbit, melindungi bayi terhadap kanker. Hal ini telah diketahui, walaupun secara fakta mekanismenya belum sepenuhnya dipahami. Ketika sebuah protein ASI membunuh sel-sel tumor yang telah ditumbuhkan di dalam laboratorium tanpa merusak sel yang sehat mana pun, para peneliti menyatakan bahwa sebuah potensi besar telah muncul. Awalnya, para peneliti memberi perlakuan pada sel-sel selaput lendir usus yang diambil dari bayi yang baru lahir dengan ASI. Mereka mengamati bahwa gangguan yang disebabkan oleh bakteri *Pneumococcus* dan dikenal sebagai pneumonia berhasil dengan mudah dihentikan oleh ASI. Terlebih lagi, bayi yang diberi ASI mengalami jauh lebih sedikit gangguan pendengaran dibandingkan bayi yang diberi susu formula, dan menderita jauh lebih sedikit infeksi saluran pernapasan. Pasca serangkaian penelitian, diperlihatkan bahwa ASI juga memberikan perlindungan melawan kanker.

Sumber: *www.harunyahya.com, 2006.*

C. Kontrasepsi

Kontrasepsi adalah suatu cara yang bertujuan mencegah terjadinya pembuahan. Kontrasepsi memiliki beberapa metode, antara lain:

1. *Tanpa alat bantu*
 Kontrasepsi dengan cara tidak melakukan koitus pada masa subur wanita (hari 12 - 16 siklus haid). Cara ini dikenal dengan nama sistem kalender atau *abstinensi*.
2. *Menggunakan alat bantu*
 Pada cara ini, mencegah pertemuan ovum dengan spermatozoa, dapat dilakukan dengan berbagai alat bantu, misalnya: kondom, spiral, jelly, dan lain-lain.



Sumber: www.wikipedia.org, 2006.

Gambar 9.14 *Alat kontrasepsi dengan alat bantu (a) pil, (b) spiral.*

Kontrasepsi dengan menggunakan alat bantu dibedakan menjadi tiga macam, yaitu:

a. Secara mekanik, yaitu dengan cara mencegah bertemunya sperma dengan ovum. Pada laki-laki menggunakan kondom, sedangkan pada wanita bisa menggunakan diafragma, spiral, IUD (*Intra Uterine Device*).
b. Secara kimiawi, yaitu dengan menggunakan spermisida senyawa kimia yang dapat membunuh sel-sel sperma. Misalnya bisa berbentuk jelly, busa, dan lain-lain.
c. Secara hormonal, yaitu dengan cara memengaruhi kesuburan wanita, misalnya dengan KB suntik, susuk dan pil KB. Bahkan kini juga sudah dikembangkan teknik hormonal (pada laki-laki).

3. *Sterilisasi*
 Sterilisasi dilakukan dengan mengikat/memotong saluran vas deferens dikenal dengan istilah *vasektomi*, atau mengikat/memotong tuba fallopii dikenal dengan istilah *tubektomi*.

D. Gangguan pada Sistem Reproduksi

Sistem reproduksi manusia dapat mengalami gangguan, baik disebabkan oleh kelainan maupun penyakit. Gangguan sistem reproduksi dapat terjadi baik pada wanita maupun pria.

1. Gangguan pada Sistem Reproduksi Wanita

Gangguan pada sistem reproduksi wanita dapat berupa gangguan menstruasi, kanker genitalia, endometriosis, dan infeksi vagina.

a. Gangguan menstruasi

Gangguan menstruasi terdiri atas *amenore primer* dan *amenore sekunder*. Amenore primer adalah tidak terjadinya manarkhe (menstruasi) sampai usia 17 tahun dengan atau tanpa perkembangan seksual sekunder. Amenore sekunder adalah tidak terjadinya menstruasi selama 3 – 6 bulan atau lebih pada orang yang telah mengalami siklus menstruasi.

b. Kanker genitalia

Kanker genitalia pada wanita dapat terjadi pada vagina, serviks, dan ovarium. Kanker vagina tidak diketahui penyebabnya, mungkin karena iritasi yang disebabkan oleh virus. Pengobatannya dengan kemoterapi dan bedah laser.

Kanker serviks terjadi bila pertumbuhan sel-sel yang abnormal di seluruh lapisan epitel serviks. Penanganannya dengan pengangkatan uterus, oviduk, ovarium, sepertiga bagian atas vagina, dan kelenjar limfa panggul.

Kanker ovarium gejalanya tidak jelas. Biasanya dapat berupa rasa pegal pada panggul, perubahan fungsi saluran pencernaan, atau mengalami pendarahan vagina abnormal. Penanganannya dengan kemoterapi dan pembedahan.

c. Endometriosis

Endometriosis adalah keadaan di mana jaringan endometrium terdapat di luar rahim, yaitu dapat tumbuh di sekitar ovarium, oviduk, atau jalur di luar rahim. Gejalanya berupa nyeri perut, pinggang terasa sakit, dan nyeri pada saat menstruasi. Jika tidak ditangani akan menyebabkan sulit terjadinya kehamilan. Penanganannya dengan pemberian obat-obatan, laparoskopi, atau bedah laser.

d. Infeksi vagina

Gejalanya berupa keputihan dan timbul gatal-gatal. Infeksi ini menyerang wanita usia produktif terutama yang menikah. Penyebabnya adalah akibat hubungan kelamin.

2. Gangguan pada sistem Reproduksi Pria

Gangguan pada sistem reproduksi pria dapat berupa hipogonadisme, kriptorkidisme, prostatitis, epididimitis, dan orkitis.

a. *Hipogonadisme*, merupakan penurunan fungsi testis yang disebabkan oleh gangguan interaksi hormon, seperti hormon androgen dan estrogen. Gangguan ini menyebabkan infertilitas, impotensi, dan tidak adanya tanda-tanda kepriaan. Penanganannya dapat dilakukan dengan terapi hormon.
b. *Kriptorkidisme*, merupakan kegagalan dari satu atau kedua testis untuk turun dari rongga abdomen ke dalam scrotum pada waktu bayi. Penangannya dapat dilakukan dengan pemberian hormon *human chorionic gonadotropin* untuk merangsang testoteron.

c. *Uretritis*, peradangan uretra dengan gejala rasa gatal pada penis dan sering buang air kecil. Penyebabnya adalah *Chlamydia trachomatis, Ureplasma urealyticum,* atau virus herpes.
d. *Prostatitis,* merupakan peradangan prostat. Penyebabnya adalah bakteri *Escherichia coli* ataupun bukan bakteri.
e. *Epididimitis,* merupakan infeksi yang sering terjadi pada saluran reproduksi pria. Penyebabnya adalah *E. coli* dan *Chlamydia*.
f. *Orkitis,* merupakan peradangan pada testis yang disebabkan oleh virus parotitis. Jika terjadi pada pria dewasa dapat menyebabkan infertilitas.

Bio Eksplorasi

Fakta tentang "Makanan Paling Segar" (ASI)

Fakta tentang ASI tidak berhenti hanya sampai di sini. Peran penting yang dimainkannya terhadap kesehatan bayi berubah seiring dengan tahapan-tahapan yang dilalui bayi dan jenis zat-zat makanan yang dibutuhkan pada tahapan tertentu. Kandungan ASI berubah guna memenuhi kebutuhan yang sangat khusus ini. ASI, yang selalu siap setiap saat dan selalu berada pada suhu yang paling sesuai, memainkan peran utama dalam perkembangan otak karena gula dan lemak yang dikandungnya. Di samping itu, unsur-unsur seperti kalsium yang dimilikinya berperan besar dalam perkembangan tulang-tulang bayi.

Meskipun disebut sebagai susu, cairan ajaib ini sebenarnya sebagian besarnya tersusun atas air. Ini adalah ciri terpenting, sebab selain makanan, bayi juga membutuhkan cairan dalam bentuk air. Keadaan yang benar-benar bersih dan sehat mungkin tidak bisa dimunculkan pada air atau bahan makanan, selain pada ASI. Namun, ASI sedikitnya 90% adalah air, memenuhi kebutuhan bayi akan air dalam cara yang paling bersih dan sehat.

Sumber: *www.harunyahya.com, 2006.*

Setelah membaca uraian tersebut jawablah pertanyaan berikut ini!

1. Bagaimana ASI dapat memberikan kedekatan emosional antara ibu dan bayi yang disusuinya?
2. Apa sajakah kandungan Air Susu Ibu (ASI)?

Rangkuman

1. Reproduksi merupakan proses menghasilkan individu baru dari organisme sebelumnya.
2. Reproduksi aseksual (vegetatif) adalah terbentuknya individu baru tanpa melakukan peleburan sel kelamin. Sedangkan reproduksi seksual (generatif) melibatkan persatuan sel kelamin (gamet) dari dua individu yang berbeda jenis kelamin.
3. Sistem reproduksi pria meliputi organ-organ reproduksi, spermatogenesis, dan hormon-hormon pada pria.
4. Sistem reproduksi wanita meliputi organ reproduksi dan proses oogenesis, fertilisasi, kehamilan, dan persalinan.
5. Spermatogenesis merupakan proses pembentukan dan pematangan spermatozoa (sel benih pria).
6. Oogenesis merupakan proses pembentukan ovum di dalam ovarium.
7. Peristiwa fertilisasi terjadi saat spermatozoa membuahi ovum di tuba fallopii.
8. ASI memberikan proteksi alamiah dengan cara mengalirkan antibodi penting dari ibu ke bayinya.
9. Gangguan pada sistem reproduksi wanita misalnya gangguan menstruasi, kenker genetika, endometriosis, dan infeksi vagina.
10. Gangguan sistem reproduksi pria misalnya hipogonadisme, kriptorkidisme, uretritis, prostatitis, epididimitis, dan orkitis.

Uji Kompetensi

I. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

1. Sperma yang matang disimpan dalam ….
 a. tubulus seminiferus
 b. uretra
 c. epididimis
 d. vas deferens
 e. saluran prostat

2. *Alat reproduksi wanita terdiri atas:*
 1. *vagina*
 2. *ovarium*
 3. *tuba fallopii*
 4. *uterus*

 Jalannya sel telur sejak dibentuk sampai menjadi embrio secara berurutan dimulai dari ….
 a. 2, 3, 4
 b. 2, 4, 3
 c. 2, 1, 4
 d. 3, 1, 4
 e. 1, 2, 4
3. Implantasi merupakan penanaman … ke dalam endometrium uterus.
 a. zigot
 b. gastrula
 c. blastula
 d. morula
 e. janin
4. Pengaruh kerja pil kontrasepsi oral yaitu ….
 a. mencegah terjadinya haid
 b. mencegah pematangan sel telur
 c. mematikan sperma yang masuk ke dalam rahim
 d. menambah daya tahan tubuh
 e. mengurangi jumlah sel telur dalam ovarium
5. Hormon yang aktif paling awal pada proses menstruasi seorang wanita dewasa adalah
 a. estrogen
 b. progesteron
 c. gonadotrophin
 d. FSH
 e. LH
6. Anak laki-laki yang telah mengalami pubertas mengalami perubahan suara dan bentuk tubuh. Perubahan ini dipengaruhi oleh hormon ….
 a. testoteron
 b. progesteron
 c. adrenalin
 d. tiroksin
 e. somatotropin
7. Ovulasi dirangsang oleh hormon ….
 a. FSH
 b. LH
 c. oksitosin
 d. relaksin
 e. estrogen
8. Membran yang melindungi embrio dalam rahim terhadap goncangan adalah ….
 a. amnion
 b. korion
 c. alantois
 d. sakus vitelinus
 e. amnion dan alantois

9. Berikut ini adalah hormon yang berpengaruh terhadap kontraksi uterus, *kecuali*
 a. oksitosin
 b. prostaglandin
 c. relaksin
 d. estrogen
 e. progesteron
10. Gangguan yang terjadi pada sistem reproduksi pria yang disebabkan oleh virus herpes adalah
 a. uretritis
 b. prostatitis
 c. epididimitis
 d. orkitis
 e. hipogonadisme

II. Uraian

1. Mengapa menstruasi tidak akan terjadi jika ovum dibuahi oleh sperma?
2. Manakah jenis kelamin pada manusia yang menghasilkan paling banyak gamet selama hidupnya? Mengapa demikian?
3. Mengapa testis berada di luar anggota tubuh?
4. Sebutkan perbedaan antara spermatogenesis dan oogenesis!
5. Sebutkan gangguan sistem reproduksi baik pada wanita maupun pria!

III. Studi kasus

Penyakit Menular Seksual

Apa yang dimaksud dengan PMS?

PMS adalah singkatan dari Penyakit Menular Seksual, yang berarti suatu infeksi atau penyakit yang kebanyakan ditularkan melalui hubungan seksual (oral, anal, atau lewat vagina). PMS juga diartikan sebagai penyakit kelamin atau infeksi yang ditularkan melalui hubungan seksual. Harus diperhatikan bahwa PMS menyerang sekitar alat kelamin tetapi gejalanya dapat muncul dan menyerang mata, mulut, saluran pencernaan, hati, otak, dan organ tubuh lainnya. Contohnya HIV/AIDS dan Hepatitis B dapat ditularkan melalui hubungan seks tapi keduanya tidak terlalu menyerang alat kelamin.

Apa hubungan organ-organ reproduksi dengan PMS?

Kebanyakan PMS membahayakan organ-organ reproduksi. Pada wanita, PMS menghancurkan dinding vagina atau leher rahim, biasanya tanpa tanda-tanda infeksi. Pada pria, yang terinfeksi lebih dulu adalah saluran air kencing. Jika PMS tidak diobati dapat menyebabkan keluarnya cairan yang tidak normal dari penis dan berakibat sakit pada waktu buang air kecil. PMS yang

tidak diobati dapat memengaruhi organ-organ reproduksi bagian dalam dan menyebabkan kemandulan baik pada pria atau wanita.

Dapatkah PMS disembuhkan?

Tidak semua PMS dapat disembuhkan. PMS yang disebabkan oleh virus, seperti HIV/AIDS, herpes kelamin, dan Hepatitis B adalah contoh PMS yang tidak dapat disembuhkan. HIV/AIDS merupakan penyakit yang paling berbahaya. HIV/AIDS tidak dapat disembuhkan dan merusak sistem kekebalan tubuh manusia yang memiliki peranan paling penting dalam melawan penyakit. Banyak orang meninggal karena AIDS disebabkan oleh sistem kekebalan tubuh mereka tidak dapat melawan infeksi.

Herpes kelamin memiliki gejala yang muncul-hilang dan bisa terasa sangat sakit jika penyakit tersebut sedang aktif. Pada herpes, obat-obatan hanya bisa digunakan untuk mengobati gejala saja, tetapi virus yang menyebabkan herpes tetap hidup di dalam tubuh selamanya.

Apakah setiap PMS memiliki gejala?

Tidak!

Kadang-kadang PMS tidak menunjukkan gejala sama sekali, sehingga kita tidak tahu kalau kita sudah terinfeksi. PMS dapat bersifat *asymptomatic* (tidak memiliki gejala) baik pada pria atau wanita. Beberapa PMS baru menunjukkan tanda-tanda dan gejala berminggu-minggu, berbulan-bulan, bahkan bertahun-tahun setelah terinfeksi.

Pada wanita, PMS bahkan tidak dapat terdeteksi. Walaupun seseorang tidakmenunjukkan gejala-gejala terinfeksi PMS dan tidak mengetahui bahwa mereka terkena PMS, mereka tetap bisa menulari orang lain.

Orang yang terinfeksi HIV biasanya tidak menunjukkan gejala setelah bertahun-tahun terinfeksi. Tidak seorang pun dapat menentukan apakah betul atau tidak seseorang terinfeksi hanya berdasarkan penampilannya saja. Walaupun orang tersebut mungkin terlihat sehat, mereka masih bisa menularkan HIV kepada orang lain. Kadang, orang yang sudah terinfeksi HIV tidak sadar bahwa mereka mengidap virus tersebut karena mereka merasa sehat dan bisa tetap aktif. Hanya tes laboratorium yang dapat menunjukkan seseorang telah terinfeksi HIV atau tidak.

Sumber: *UNAIDS dan WHO, 1998, Alan Guttmacher Institute*

Diskusikan bersama teman kalian tentang beberapa hal berikut:

1. Bagaimana akibat buruk PMS bagi seseorang?
2. Menurut pendapat kalian, apa yang seharusnya dilakukan pemerintah terhadap masalah PMS ini?
3. Bagaimana sikap kalian terhadap orang yang menderita penyakit AIDS?

Latihan Ulangan Semester 2

I. Pilihan ganda

1. Proses pengeluaran zat-zat dari dalam tubuh yang belum mengalami metabolisme disebut
 a. eliminasi
 b. defekasi
 c. sekresi
 d. ekskresi
 e. gutasi

2. Saraf yang terganggu pada saat seseorang menderita sariawan adalah
 a. auditori
 b. vagus
 c. trigeminal
 d. glosofaring
 e. akusitik

3. Susunan saraf pusat pada manusia terdiri atas
 a. otak dan rambut saraf
 b. otak dan sumsum
 c. otak dan sumsun lanjutan
 d. sumsun lanjutan dan serabut saraf
 e. saraf simpatis dan saraf parasimpatis

4. Myoma adalah kelainan pada
 a. rahim
 b. testes
 c. ovarium
 d. epididimis
 e. vagina

5. Suatu kondisi non infeksi, alveoli menjadi lebih luas, paru-paru menggelembung.
 Gangguan seperti ini disebut
 a. pneumonia
 b. asma
 c. emfisema
 d. rinitis
 e. tonsilitis

6. Saluran telur tempat bertemunya ovum dan sperma pada sistem reproduksi wanita, disebut
 a. ovarium
 b. uretra
 c. oogonium
 d. vulva
 e. tuba fallopii

7. Pada waktu pemeriksaan urine, ke dalam tabung reaksi dimasukkan urine setinggi 2 ml, kemudian ditambahkan 5 tetes Benedict dan dipanaskan. Setelah dipanaskan warna urine menjadi orange (merah bata). Kesimpulan dari hasil pemeriksaan tersebut urine mengandung
 a. urea
 b. glukosa
 c. protein
 d. klor
 e. asam urine

8. Alat untuk mengetahui keadaan pada janin dalam rahim ibu, menggunakan
 a. sinar X
 b. ultrasonografi
 c. stateskopi
 d. galvanometer
 e. spirometer

9. Perbedaan struktur alat pencernaan ruminansia dengan karnivora adalah...
 a. Ruminansia mempunyai gigi geraham untuk mengunyah makanan, karnivora mempunyai gigi taring untuk merobek makanan.
 b. Ruminansia mempunyai gigi geraham untuk merobek makanan, karnivora mempunyai gigi taring untuk mengunyah makanan.
 c. Ruminansia mempunyai gigi taring untuk mengunyah makanan, karnivora mempunyai gigi geraham untuk merobek makanan.
 d. Ruminansia mempunyai gigi taring untuk merobek makanan, karnivora mempunyai gigi taring untuk merenggut makanan.
 e. Ruminansia mempunyai gigi geraham untuk merobek makanan, karnivora mempunyai gigi taring untuk mengunyah makanan

10. Salah satu cara untuk menghancurkan batu ginjal seorang pasien dapat digunakan
 a. metode sinar laser
 b. metode sinar X
 c. metode sinar β
 d. metode sinar α
 e. gabungan antara sinar X dan β

11. *Perhatikan ikhtisar uji makanan di bawah ini!*

No.	Bahan Makanan	Reagen	Proses	Zat Yang Terkandung
1.	Nasi	Bennedict	Panaskan, ada endapan merah bata	Karbohidrat
2.	Telur	Yodium	Tetesi, aduk, warna biru	Protein
3.	Tepung	Biuret	Tetesi, aduk, warna ungu	Karbohidrat
4.	Susu	Bennedict	Panaskan, ada endapan merah bata	Glukosa
5.	Mentega	Fehling A	Tetesi, aduk, warna kuning	Lemak

Hasil yang sesuai dari proses uji makanan tersebut adalah nomor
a. 1
b. 2
c. 3
d. 4
e. 5

12. Organ tubuh yang dapat dideteksi dengan endoscopi adalah
a. lambung
b. kulit
c. otot
d. mata
e. tulang

13. Gangguan pada lambung yang disebabkan karena makan makanan yang terlalu banyak mengandung alkohol atau cabe disebut
a. diare
b. kolik
c. ulkus
d. sembelit
e. peronitis

14. Kejutan listrik pada titik saraf diperuntukkan pada penderita
a. kelumpuhan
b. dengue
c. malaria
d. kanker
e. trakom

15. Zat penikmat yang terdapat pada rokok dan menimbulkan adiksi fisiologi adalah
a. kafein
b. tein
c. teobromin
d. nikotin
e. amfetamin

16. Untuk mendeteksi pasien yang menderita TBC, seorang dokter mendiagnosis dengan menggunakan
a. sinar X
b. sinar alfa
c. sinar beta
d. sinar alfa dan sinar beta
e. sinar X dan sinar alfa

17. Inspirasi pada manusia adalah
a. difusi gas oksigen dari luar masuk ke dalam aliran darah
b. berlangsungnya pertukaran gas dari aliran darah ke sel-sel tubuh
c. pertukaran gas antara darah dan cairan jaringan tubuh
d. pengambilan udara yang masuk ke paru-paru
e. pertukaran gas antara udara dengan cairan jaringan tubuh

18. Transplantasi kulit dilakukan pada penderita
a. luka bakar
b. memar
c. bisul
d. cacar
e. patah tulang

19. Bagian otak yang merupakan tempat penyebaran dari alat tubuh bagian kanan ke kiri dan sebaliknya adalah
 a. otak tengah
 b. otak kecil
 c. sumsum lanjutan
 d. jembatan varol
 e. hipotalamus

20. Salah satu perbedaan antara cara kerja sistem saraf dan sistem hormon adalah bahwa sistem saraf
 a. membantu memelihara rangsang homostatis
 b. tanggapan terhadap rangsang lambat
 c. impulsnya dibawa oleh darah
 d. responnya tidak langsung
 e. responnya langsung terhadap rangsang luar

21. Karena tidak ratanya kornea mata maka cahaya sejajar yang datang tidak dapat difokuskan ke satu titik. Untuk menolongnya dapat dibantu dengan lensa silindris. Kelainan ini disebut
 a. hemeralopi
 b. presbiopi
 c. astigma teratur
 d. hipermetrof
 e. miopi

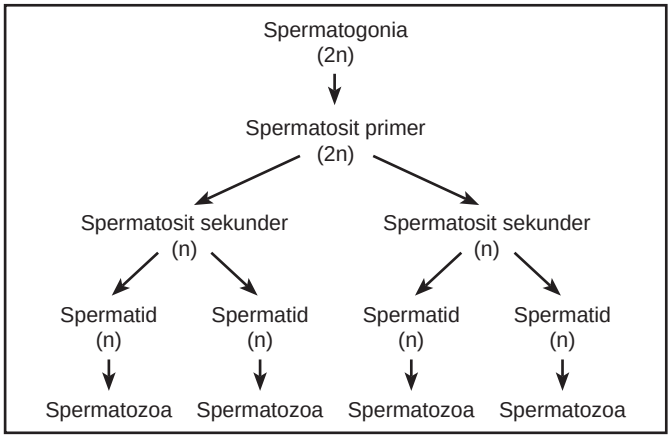
22. Beberapa ciri zat adalah sebagai berikut:
 1. *berperan sebagai pelarut*
 2. *konsentrasinya ditentukan oleh molekul air*
 3. *bekerja secara spesifik*
 4. *memperlambat suatu reaksi*
 5. *rusak bila suhu terlalu tinggi*

 Ciri khas enzim adalah
 a. 1 dan 3
 b. 1 dan 4
 c. 2 dan 3
 d. 3 dan 5
 e. 4 dan 5

23. Pada pernapasan dada, bila otot antartulang rusuk berkontraksi hingga rongga dada membesar disebut
 a. ekspirasi
 b. inspirasi
 c. kapasitas vital
 d. kapasitas total
 e. kapasitas residu

24. Orang yang tenggelam di laut akan mengalami gangguan pada alat pernapasannya karena
 a. adanya kebocoran pada alveolus
 b. pecahnya pembuluh darah paru-paru
 c. paru-paru tidak dapat berkontraksi
 d. alveolus terisi oleh air
 e. bronkeolus tidak dapat melewatkan O_2
25. Enzim yang berfungsi merubah pepton menjadi asam amino adalah
 a. tripsin
 b. pepsin
 c. lipase
 d. maltase
 e. amilase
26. Uji Biuret pada produk makanan menunjukkan hasil negatif (tidak timbul warna merah atau ungu). Apabila produk makanan tersebut merupakan sumber makanan satu-satunya, maka akan menimbulkan
 a. penyakit kwashiorkor
 b. pH darah stabil
 c. anemia
 d. gangguan penyerapan kalsium
 e. gangguan transportasi vitamin A, D, E, dan K
27. Selama kehamilan, ovarium tidak akan membentuk folikel graaf yang baru karena
 a. FSH mencegah pembentukan progesteron
 b. progesteron mencegah pembentukan FSH
 c. FSH mencegah pembentukan estrogen
 d. progesteron mencegah pembentukan estrogen
 e. estrogen mencegah pembentukan progesteron
28. Seseorang yang sedang marah detak jantung, pernapasan, dan gerakannya cepat. Hal ini disebabkan oleh pengaruh hormon yang berasal dari kelenjar
 a. tripofisis
 b. tiroid
 c. langerhans
 d. anak ginjal
 e. epifisis
29. Bila hasil tes urine seseorang dengan Reagen Biuret diperoleh warna merah, maka bagian ginjal yang diduga mengalami kelainan adalah
 a. glomerulus
 b. tubulus kontortus
 c. vesica urinaria
 d. buluh malpighi
 e. lengkung henle
30. Kontrasepsi dengan menggunakan jelly bertujuan untuk
 a. membunuh sel-sel sperma
 b. mengikat tuba fallopii
 c. memotong saluran vas deferens
 d. memengaruhi produksi hormon
 e. mencegah bertemunya sperma dengan ovum

31. *Perhatikan bagan spermatogenesis di bawah ini!*



Berdasarkan bagan di atas, sel yang masih bersifat diploid adalah

a. Spermatogonia
b. spermatosit primer
c. spermatosit sekunder
d. spermatid
e. spermatozoa

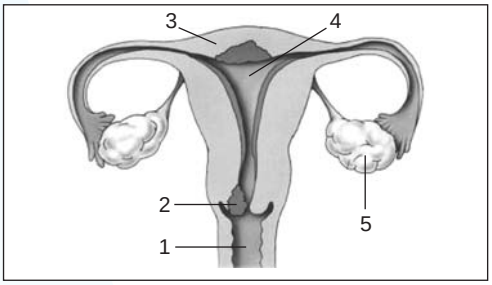
32. Dalam plasma darah CO_2 akan larut membentuk asam karbonat:
$CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3$
Proses pembentukan asam karbonat tersebut dipercepat oleh adanya enzim

a. glukokinase
b. dehidrogenase
c. dekarboksilase
d. karbonat anhidrase
e. karbomino hemoglobin

33. Kenyataan bahwa sel tubula pada nefron mengandung banyak organel mitokondria menunjukkan bahwa nefron berperan pada proses

a. transpor pasif
b. transpor aktif
c. osmosis
d. filtrasi
e. difusi

Untuk menjawab pertanyaan nomor 34 dan 35, perhatikan gambar di bawah ini!



34. Tempat pembentukan ovum ditunjukkan oleh nomor
 a. 1
 b. 2
 c. 3
 d. 4
 e. 5

35. Proses implantasi terjadi pada bagian yang ditunjukkan oleh nomor
 a. 1
 b. 2
 c. 3
 d. 4
 e. 5

36. Amir bergolongan darah B tidak dapat menjadi donor bagi Andi yang bergolongan darah A. Hal tersebut dikarenakan
 a. antibodi yang terdapat dalam plasma darah Amir akan menggumpalkan antigen A yang terdapat dalam plasma darah Andi
 b. antibodi yang terdapat dalam plasma darah Amir akan menggumpalkan antigen A yang terdapat dalam sel darah Andi
 c. antibodi yang terdapat dalam plasma darah Andi akan menggumpalkan antigen B yang terdapat dalam sel darah merah
 d. antibodi yang terdapat dalam plasma darah Andi akan menggumpalkan antigen B dalam plasma darah Amir
 e. antibodi yang terdapat dalam sel darah merah Andi akan menggumpalkan antigen B dalam plasma darah Amir

37. Pasangan nama organel dan fungsinya yang benar adalah
 a. badan golgi – regulasi
 b. nukleus – reproduksi
 c. membran sel – respirasi
 d. retikulum endoplasma – ekskresi
 e. mitokondria – transportasi

38. Sel fagosit berperan penting memangsa benda asing yang masuk ke dalam tubuh, sehingga organel yang paling banyak di dalam sel ini adalah
 a. badan golgi
 b. retikulum endoplasma
 c. mitokondria
 d. lisosom
 e. ribosom

39. Berdasarkan penurunan sifat golongan darah sistem A, B, O apabila seorang wanita yang bergolongan darah A melahirkan bayi bergolongan darah O, tidak mungkin ayah dari bayi tersebut bergolongan darah
 a. O homozigot
 b. B heterozigot
 c. A heterozigot
 d. O heterozigot
 e. AB homozigot

40. Organ-organ penyusun sistem pernapasan pada manusia memiliki ciri-ciri sebagai berikut:
 1. *tersusun atas sekumpulan kantung,*
 2. *berdinding tipis,*
 3. *tersusun atas selapis sel yang diliputi oleh kapiler darah.*

 Organ dengan ciri-ciri di atas terdapat pada
 a. trakea
 b. bronchus
 c. alveolus
 d. broncheolus
 e. paru-paru

II. Uraian

1. Sebutkan zat-zat makanan yang diperlukan oleh tubuh dan fungsinya!
2. Sebutkan kelenjar pencernaan pada manusia!
3. Sebutkan macam-macam volume udara yang kamu ketahui!
4. Bagaimana proses terjadinya inspirasi pada pernapasan dada manusia?
5. Sebutkan macam-macam neuron berdasarkan fungsinya!
6. Sebutkan perbedaan sistem saraf sadar dan sistem saraf tak sadar!
7. Mengapa telinga manusia berfungsi sebagai indera pendengar dan keseimbangan?
8. Sebutkan letak tunas pengecap pada lidah!
9. Hormon apa saja yang dihasilkan pria yang berkaitan dengan spermatogenesis?
10. Sebutkan organ reproduksi pada wanita!

Glosarium

Addison	penyakit yang disebabkan hipofungsi kelenjar adrenal.
Aglutinasi	proses terbentuknya gumpalan-gumpalan yang terdiri atas struktur besar berupa antigen pada permukaannya.
Akomodasi	kemampuan mata untuk mengubah bentuk lensa sehingga dapat memfokuskan penglihatan.
Akson	serabut saraf yang menghantarkan impuls dari badan sel.
Alkalosis	kenaikan kadar basa dalam darah akibat terjadinya akumulasi garam basa.
Amfiartrosis	hubungan antartulang yang memungkinkan adanya sedikit gerakan.
Ankilosis	gangguan yang terjadi karena tidak berfungsinya persendian.
Antibodi	senyawa gama globulin yang terdapat di dalam plasma darah, berfungsi melawan benda asing (antigen).
Antibodi	zat yang terbentuk dalam darah organisme untuk menangkal benda asing yang masuk ke dalam tubuh organisme tersebut.
Apendisitis	infeksi pada usus buntu.
Aqueous humor	cairan bening yang mengisi rongga kornea dan lensa.
Artikulasi	hubungan antartulang.
Asam lambung	getah lambung yang bersifat asam berfungsi membunuh kuman penyakit atau bakteri yang masuk bersama makanan, mengubah sifat protein, dan mengaktifkan pepsinogen menjadi pepsin.
Aseksual	proses produksi tanpa adanya kegiatan seksual.
Asetilkolin	zat pemindah rangsangan yang dihasilkan pada ujung saraf.
Asidosis	kenaikan kadar asam dalam darah yang disebabkan terganggunya pengangkutan CO_2.
Augmentasi	proses penambahan zat sisa dan urea yang mulai terjadi di tubulus kontortus distal.
Bintik buta	bagian yang dilewati saraf optik yang tidak peka terhadap sinar.
Bolus	gumpalan-gumpalan makanan yang masih kasar hasil pembentukan di dalam retikulum sapi.
Bronkus	cabang dari trakea.
Cairan limfa	cairan tubuh yang masuk ke dalam pembuluh kapiler limfa.
Defekasi	proses buang air besar secara sadar.
Dendrit	serabut saraf penghantar impuls ke badan sel.
Depolarisasi	perubahan potensial listrik sesaat pada sel saraf.
Diapedesis	kemampuan leukosit menembus dinding pembuluh darah untuk mencapai daerah tertentu.

Diartrosis	hubungan antartulang yang memungkinkan gerakan lebih bebas.
Difusi	gerakan suatu zat sebagai hasil gerakan acak dari atom-atom atau molekul-molekulnya ke semua arah di dalam suatu medium (pelarut).
Donor	orang yang berperan sebagai pemberi darah.
Eksositosis	proses pemasukan zat dari luar sel ke dalam sel.
Ekspirasi	proses pengeluaran udara dari alat pernapasan.
Endositosis	proses keluarnya zat dari dalam sel.
Epitel	jaringan yang melapisi permukaan tubuh (epitelium), membatasi antarorgan (mesotelium), atau membatasi organ dengan rongga dalam tubuh (endotelium).
Eritroblastosis fetalis	kelainan pada bayi dimana telah terjadi ketidaksesuaian faktor rhesus.
Eritrosit	sel darah merah.
Escherichia coli	bakteri yang terdapat di dalam usus besar, membantu dalam proses pembusukan sisa makanan dan menghasilkan vitamin K.
Esterogen	hormon kelamin yang dihasilkan oleh indung telur berfungsi untuk merangsang munculnya tanda-tanda kelamin sekunder pada wanita termasuk binatang betina.
Eustachius	saluran yang menghubungkan telinga tengah dengan faring.
Faring	bagian tubuh yang terletak di belakang rongga mulut dan hidung berfungsi sebagai jalannya udara dan makanan.
Fases	hasil pembusukan sisa makanan oleh bakteri di dalam usus besar.
Fertilisasi	proses bertemunya spermatozoa dengan ovum dan menghasilkan zigot.
Fibrin	benang-benang halus yang tidak larut dalam plasma darah, berfungsi menjerat sel-sel darah merah dan membentuk gumpalan sehingga darah membeku pada daerah luka.
Fibrinogen	calon benang fibrin yang larut dalam plasma darah.
Filtrasi	proses penyaringan zat.
Floem	pembuluh tapis yang berfungsi mengangkut hasil fotosintesis dari daun ke seluruh bagian tubuh tumbuhan.
Foramen magnum	rongga khusus yang terdapat di bawah tempurung kepala yang menjadi tempat masuk dan keluarnya pembuluh saraf serta darah yang menuju ke sumsum tulang belakang.
Ganglion	kumpulan badan sel saraf.
Gerak peristaltik	gerakan kembang kempis kerongkongan untuk mendorong makanan masuk ke dalam lambung.
Gigi	alat pencernaan mekanik yang tumbuh di dalam lesung pada rahang dan memiliki jaringan seperti pada tulang, tetapi bukan bagian dari kerangka.

Ginjal	sepasang organ tubuh yang terletak di dekat tulang belakang berbentuk seperti biji kacang merah, berfungsi mengeluarkan hasil metabolisme.
Glikolisis	penguraian gula dalam proses metabolisme.
Hati	organ tubuh yang berwarna kemerah-merahan terletak di kanan atas rongga perut, berfungsi menghasilkan empedu.
Hemofili	kelainan genetis pada seseorang yang trombosit darahnya tidak mengandung faktor pembeku.
Hemoglobin	senyawa protein yang berfungsi mengangkut oksigen dari paru-paru dan mengedarkan ke seluruh jaringan tubuh.
Hidung	alat pernapasan yang merupakan tempat pertama dilalui udara dari luar.
Hormon	zat kimia yang dihasilkan oleh kelenjar endokrin atau kelenjar buntu.
Implantasi	proses menempelnya embrio ke dinding rahim.
Impuls	rangsangan yang dihantarkan melalui saraf.
Indera	alat tubuh yang mampu menerima rangsang tertentu.
Inspirasi	proses pemasukan udara ke dalam alat pernapasan.
Iritabilitas	kemampuan untuk bereaksi terhadap perubahan lingkungan.
Isotonik	larutan-larutan yang mempunyai konsentrasi yang sama.
Jantung	alat pemompa darah dan pusat peredaran darah pada tubuh manusia.
Jaringan ikat	jaringan yang berfungsi mengikat atau mempersatukan jaringan-jaringan menjadi organ dan berbagai organ menjadi sistem organ serta menjadi selubung organ dan melindungi jaringan atau organ tubuh.
Jaringan otot	jaringan yang tersusun atas sel-sel otot, fungsinya menggerakkan organ-organ tubuh.
Jaringan saraf	jaringan yang tersusun atas sel-sel saraf atau neuron berfungsi menerima dan menghantarkan rangsangan dari bagian tubuh yang satu ke bagian yang lain.
Kaliptra	tudung akar, berfungsi melindungi akar terhadap kerusakan mekanis pada saat menembus tanah.
Karbohidrat	senyawa organik yang tersusun atas unsur-unsur karbon (C), hidrogen (H), dan oksigen (O).
Karboksi hemoglobin	hemoglobin yang mengikat karbon dioksida.
Karbon dioksida	senyawa dengan rumus kimia CO_2, berupa gas tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak dapat terbakar merupakan hasil pembakaran sempurna, pernapasan dan pembusukan.
Kartilago	tulang rawan.
Kekebalan	daya tahan, keadaan tahan terhadap penyakit.

Kim	makanan lembut seperti bubur hasil pencernaan oleh otot lambung dan enzim.
Klorenkim	sel-sel parenkim yang mengandung klorofil.
Konduktivitas sel	kemampuan sel saraf untuk membawa impuls-impuls saraf.
Kontraksi	pemendekan sel otot akibat adanya rangsangan.
Kulit	bagian tubuh yang berada paling luar melapisi dan melindungi bagian di dalamnya serta berfungsi sebagai organ ekskresi.
Lakuna	rongga bekas sel-sel tulang keras yang telah mati.
Lambung	saluran pencernaan makanan yang melebar seperti kantung terletak dibagian atas rongga perut sebelah kiri, dan bagian lainnya tertutup oleh hati, usus besar, dan limfa.
Laring	bagian tubuh yang terletak di antara faring dan trakea.
Lemak	senyawa organik yang terdapat dalam makanan dan mutlak diperlukan oleh tubuh manusia dalam jumlah yang sangat kecil, tetapi tidak menghasilkan energi.
Lentisel	lapisan gabus, berfungsi sebagai tempat pertukaran gas dan penguapan.
Leukosit	sel darah putih.
Lingkaran tahun	lapis-lapis lingkaran yang menunjukkan aktivitas pertumbuhan tiap tahun.
Maag	luka pada lapisan lambung atau usus dua belas jari.
Makro nutrien	zat makanan yang dibutuhkan oleh tubuh manusia dalam jumlah banyak (karbohidrat, protein, lemak).
Membran	selaput yang terletak paling luar dan tersusun dari senyawa kimia lipoprotein.
Menstruasi	proses pembuangan sel telur yang sudah matang yang tidak menjalani fertilisasi.
Meristem	sekelompok sel yang tetap dalam fase pertumbuhan dan terus menerus membelah.
Metanephros	organ tubuh pada hewan vertebrata yang berfungsi sebagai ginjal permanen.
Mikro nutrien	zat makanan yang dibutuhkan oleh tubuh manusia dalam jumlah sedikit (vitamin dan mineral).
Mineral	bahan kimia yang terdapat dalam makanan yang diperlukan oleh tubuh, dan tidak berfungsi menghasilkan energi.
Misel	larutan dari campuran asam lemak, gliserol, dan empedu.
Nefron	satuan struktur ginjal yang terdiri atas badan malpighi dan tubulus (saluran) yang panjang.
Neuron	sel saraf yang berfungsi mengirimkan pesan yang berupa rangsang atau tanggapan.
Nukleus	inti sel yang bertugas mengontrol kegiatan yang terjadi di sitoplasma.

Oksihemo-globin	butir darah merah yang mengikat oksigen.
Oksidasi	peristiwa pembakaran, proses bereaksinya suatu zat dengan oksi-gen.
Oksigen	molekul diatom yang ditemukan di atmosfer bumi, tak berwarna, tak berbau, tak berasa, larut dalam air, dan menjadi komponen utama pembakaran serta diperlukan oleh segala bentuk kehidupan.
Oogenesis	proses pembentukan ovum (sel telur) di dalam ovarium.
Opirtonefros	organ tubuh pada hewan aves dan pisces yang berfungsi sebagai ginjal belum permanen.
Osifikasi	proses pengerasan tulang.
Osmosis	perpindahan molekul-molekul pelarut dari larutan encer ke larutan yang lebih pekat melalui dinding berpori halus.
Osmosis	perpindahan molekul-molekul pelarut dari larutan encer ke larutan yang lebih pekat melalui dinding berpori halus (membran semiper-miabel).
Osteoklas	sel perombak tulang.
Osteon	tulang sejati/tulang keras.
Osteoporo-sis	gangguan tulang dengan gejala penurunan masa tulang sehingga tulang menjadi rapuh.
Otot jantung	otot yang mempunyai struktur seperti otot lurik, tetapi bekerja se-perti otot polos, terletak pada jantung.
Otot polos	otot yang terletak pada saluran alat-alat dalam tubuh, bekerja di luar kesadaran tanpa perintah otak.
Otot rangka	otot yang melekat menutupi rangka disebut juga otot lurik.
Papila	tonjolan kecil pada permukaan lidah yang mengandung indera pengecap.
Parenkim	sekelompok sel hidup dengan struktur morfologi dan fisiologi yang bervariasi, dijumpai di setiap bagian tubuh tumbuhan.
Paru-paru	bagian tubuh yang terletak di rongga dada tepat di atas sekat dia-fragma sebagai alat pernapasan.
Pencernaan kimia	proses pelumatan makanan dengan menggunakan reaksi kimia.
Pencernaan mekanik	proses pelumatan makanan dengan cara gerakan atau gesekan
Persendian	hubungan antartulang yang memungkinkan pergerakan.
Pilorus	bagian lambung yang berhubungan langsung dengan usus dua belas jari dan berfungsi mengatur pengeluaran makanan dari lam-bung.
Pita Kaspari	bagian seperti pita yang terdapat pada sebagian besar sel endo-dermis.
Plasmo-desma	penjuluran sitoplasma pada noktah merupakan hubungan plasma interseluler.

Plasmolisis	peristiwa tertariknya sitoplasma dari dinding sel akibat keluarnya air dari dalam sel karena osmosis.
Podosit	sel-sel endotelium kapiler berpori yang terdapat pada glomerolus untuk mempermudah penyaringan.
Polio	infeksi virus pada saraf yang mengendalikan gerakan otot rangka, akibatnya terjadi kelumpuhan.
Presipitin	antibodi yang dapat menggumpalkan antigen.
Protein	senyawa organik yang tersusun oleh unsur-unsur karbon (C), hidrogen (H), dan nitrogen (N). Selain unsur tersebut juga mengandung unsur belerang (S) dan fosfor (P).
Protrombin	protein yang tidak stabil yang dibentuk di hati dan dapat dipecah menjadi senyawa yang lebih kecil, salah satunya trombin.
Ptialin	enzim di dalam ludah yang berfungsi memecah amilum menjadi maltosa.
Pulmo	bagian tubuh yang terletak di rongga dada atas tepat di atas sekat diafragma dan berfungsi sebagai alat pernapasan dari luar.
Reabsorpsi	proses penyerapan kembali zat-zat yang masih diperlukan.
Refleks	gerakan yang terjadi tanpa disadari, impuls yang diterima berjalan sangat cepat, dan tanggapan terjadi secara otomatis terhadap rangsang tanpa memerlukan kontrol dari otak.
Resipien	orang yang menerima darah.
Ruminansia	pola sistem pencernaan pada hewan memamah biak.
Saraf	suatu sistem yang mengendalikan dan mengatur aktivitas tubuh.
Seksual	berkenaan dengan seks.
Sel api	merupakan alat ekskresi pada platyhelmintes yang merupakan sel-sel yang memiliki berkas silia menonjol ke saluran dan gerakannya seperti nyala api.
Springter esofageal	bagian lambung yang terdapat di ujung kardiak, berfungsi menjaga makanan agar tetap di lambungnya.
Sinartrosis	hubungan antartulang yang sudah tidak dapat digerakkan lagi.
Sioplasma	bagian dalam sel yang berupa cairan.
Sistem organ	kumpulan dari berbagai organ dan menjalankan tugas tertentu.
Sklerenkim	jaringan penguat dinding sekunder yang tebal, mengandung senyawa lignin.
Spermatogenesis	proses pembentukan dan pematangan spermatozoa oleh sel kelamin jantan.
Spirometer	alat yang digunakan untuk mengukur kapasitas paru-paru.
Tensimeter	alat yang digunakan untuk mengukur tekanan darah.
Toksin	zat racun yang dibentuk dan dikeluarkan oleh organisme yang menyebabkan kerusakan struktur, kerusakan total hidup atau keefektifan organisme pada satu bagian.

Totipotensi	kemampuan yang dimiliki oleh setiap sel untuk berdeferensiasi menjadi jaringan, kemudian menjadi tumbuhan baru yang lengkap jika lingkungan mendukung.
Trakea	bagian tubuh yang berupa pipa panjangnya 10 cm, terletak di leher dan rongga dada.
Trombosit	keping darah, disebut juga sel darah pembeku.
Turgor	tegangan di dalam sel saat vakuola penuh dengan zat cair.
Urine	zat hasil ekskresi dari ginjal.
Vaksin	toksin atau benih penyakit yang masih hidup dan aktif tetapi sudah dilemahkan keaktifannya digunakan untuk memberikan kekebalan.
Vesika urinaria	kandung kemih merupakan tempat penampungan sementara urine sebelum keluar tubuh.
Vitamin	zat kimia yang terdapat dalam makanan dan mutlak diperlukan oleh tubuh manusia dalam jumlah yang sangat kecil, tetapi tidak menghasilkan energi.
Vitreous humor	cairan bening yang mengisi rongga antara lensa dan retina.
Xilem	pembuluh kayu yang befungsi mengangkut air dan garam-garam, mineral dari akar ke seluruh bagian tubuh tumbuhan.

Indeks

Indeks Istilah

A

Abduksi 82
Abstinensi 268
Adaptasi gelap 230
Addison 226
Adduksi 82
Adenoid 174
Adrenalin 226
Aerenkim 37
Aglutinasi 98, 109
Aglutinin 98
Aglutinogen 98
Akson 56, 208, 209, 210
Aktin 79
Albumin 93
Alveolus 168, 171, 174, 175, 193
Amandel 108, 174
Ambeien 113
Amfikribal 39
Amfivasal 39
Amilase 145
Amiloplas 9, 13
Amilum 134, 145
Amnion 261, 262, 264
Ampula 235, 237
Amuboid 96
Anak ginjal 223
Anatomi 81
Androgen 254
Androgen/testosteron 253
Anemia 95, 112
Anisogamet 249
Ankilosis 84
Annelida 198
Antagonis 81
Anterior 223
Antibodi 93, 100, 109
Antigen 94, 98, 109
Aorta 104
Artritis 85
Asam amino 21, 134, 135, 148, 149, 191
ASI 267
Asidofil 97
Asidosis 174
Atrium 102
Atropi 81
Autonom 214, 219

B

Bakteri 11, 152, 154, 155
Basofil 96
Bernapas 165
Bikonkaf 94
Bilik jantung 78
Bilirubin 95, 194
Biliverdin 194
Biogas 156
Blastosoel 260
Blastula 261
Bolus 155
Bronkiolus 167
Bronkitis 175
Bronkus 165, 167, 180
Buluh Malpighi 189
Buta warna 230, 232

C

Cairan limfa 236

Campak Jerman. 111
Cavernosa 251
Cavum nasalis 165
Crustacea 178
Cuping hidung 66

D

Darah 78, 93, 150, 168, 173
Daun telinga 66
Deaminasi 148, 190
Defekasi 151
Dehidrasi 140, 196
Dendrit 56, 208, 211
Depresi 82
Dermal 177
Dermatitis 239
Dermis 195, 238, 239
Diabetes melitus 196
Diafisis 69
Diafragma 167, 229
Diapedesis 96
Diartrosis 76
Diastol 103
Diastolik 113
Diferensiasi 33
Difteri 110
Difusi 19, 172, 177
Difusi fasilitator 19
DNA 6, 11

E

Echinodermata 177
Ekskresi 33, 189, 251
Ekspirasi 169
Ektoderm 262, 263
Elaioplas 9, 13
Embrio 34, 255, 260, 261, 262, 264
Emfisema 175
Empedu 147, 148, 194
Empulur 45
Enkondral 67
Ensefalon 209, 215
Enzim 6, 10, 97, 135, 142, 145, 146
Eosin 97
Eosinofil 96
Epiblas 261, 263
Epidermis 40, 42, 44, 45, 46, 48, 194, 238, 239
Epididimis 250, 254
Epifisis 69
Epiglotis 166
Epitelium 50, 241, 242
Ereksi 258
Erepsin 149
Eritropoeisis 95
Eritropoietin 95
Eritrosit 54, 94, 98, 99, 178
Esofagus 154
Estrogen 226, 254, 255, 260, 266, 269

F

Fagosit 96, 97
Fagositosis 23, 109
Faring 145, 154, 165, 166
Fasia 52
Felem 40
Feloderm 40
Fenilalanin 134
Fermentasi 155
Fertilisasi 249, 254, 260, 261, 263
Feses 140, 150, 194, 199
Fetus 261, 266
Fibrinogen 93, 98
Floem 38, 40, 43, 45, 49
Folikel de Graaf 226, 255, 260
Fotosintesis 9, 38, 44, 47, 49
Fraktura 82
FSH 226

G

Gagal ginjal 196, 197
Gamet 249
Generatif 249
Genetik 3, 112, 113, 255
Germ layer 262
Getah bening 54
Getah lambung 146, 147
Gigi 142, 143
Ginjal 135, 190, 200, 226, 263, 264
Gizi 133, 140
Globulin 93
Glomerulus 191, 196, 200
Glotis 166
Gondongan 111
Granula 96

H

Haid 255
Hamil 255, 259
Hati 95, 146, 147, 148, 190, 194, 263
HCl 146
Hemofili 97, 112
Hemoglobin 94, 95, 112, 171, 173, 174, 194
Hepar 194
Hepatitis 197
Heterogamet 249
Hidrofobik 5
Hilger Neelsen 174
Hipermetropi 232
Hipertensi 113
Hipoblast 261
Hipofisis 223, 225, 253, 260, 266
Hormon 83, 135, 222, 224, 225, 226, 227, 250, 253, 254, 263, 266, 269
Hormon antidiuretik 192

Hormon estrogen 260, 261
Hormon insulin 226
Hormon kortison 226
Hormon melanosit (MIF) 224
Hormon noradrenalin 226
Hormon perangsang melanosit 224
Hormon Pertumbuhan 254
Hormon progesteron 261
Hormon testosteron 253
Human chorionic gonadotropin 269

I

Iga 73
Ileum 148, 149
Implantasi 256, 261
Impotensi 269
Imunisasi 85, 110
Indra 228
Indung telur 254
Infeksi 85, 96, 108, 152, 153
Infertilitas 269, 270
Insang 177, 178
Insersio 80
Insisivus 154
Inspirasi 169
Intermediet 209
Interoreseptor 208, 228
Inti 3, 11
Introitus 257
Isogamet 249

J

Janin 255, 256, 261, 264, 266
Jantung 93, 102, 103, 104, 105, 106, 113, 145, 263
Jaringan adiposa 54
Jaringan bunga karang 49
Jaringan darah 54
Jaringan epidermis 36
Jaringan epitel 50
Jaringan gabus 40
Jaringan ikat longgar 52
Jaringan ikat padat 52
Jaringan ikat serosa 56
Jaringan kolenkim 37
Jaringan lemak 54
Jaringan meristem 33, 34
Jaringan otot 50, 55
Jaringan parenkim 37, 42, 43, 45, 46
Jaringan pembuluh 41, 49
Jaringan pengangkut 38
Jaringan pengikat 50
Jaringan penunjang 52
Jaringan penyokong 52
Jaringan saraf 50, 56
Jaringan sklerenkim 37, 38
Jaringan spons 252
Jaringan tulang rawan 53
Jaringan tulang sejati 53

K

Kaliptra 41, 42
Kambium 35, 46
Kanalikuli 67
Kandungan 255
Kandung kemih 256, 257
Kanker 241
Kantung empedu 149, 190
Kantung inti telur 264
Kantung semen 250, 251
Kapiler 67, 96, 104, 105, 107, 168
Kapsul Bowman 191
Karbohidrat 134, 145, 147, 189
Kardiak 146
Karoten 10, 14
Kartilago 67, 75
Katabolisme 8
Katarak 232
Kekebalan 109
Kelenjar Cowper 251, 253
Kelenjar limfa 174, 269
Kelenjar ludah 143, 145
Kelenjar minyak 195
Kemoreseptor 241
Kerangka 65
Keratomalasia 232
Kerongkongan 143, 145
Kifosis 84
Klitoris 257, 258
Kloaka 179
Klorofil 9, 44, 47
Kloroplas 9, 11, 13, 33, 49
Kolenkim 12
Kolesterol 113, 148
Kontraksi 55, 65, 78, 80, 85, 102, 145, 165
Kontrasepsi 268
Korion 262
Kornea 228, 230, 232
Korteks 42, 44, 45, 46, 47, 190
Kram 85
Kretinisme 225
Kromosom 252, 255
Kulit 190, 194, 238, 239

L

Labirin membran 235
Labirin tulang 235
Laboratorium 3
Lakrimal 71
Laktase 149
Laktosa 149
Lakuna 67
Lambung 110, 142, 145, 146, 154
Lamina 47
Lapisan embrio 262
Lapisan epidermis 46

Laring 165, 166
Leher 42
Lemak hewani 135
Lemak nabati 135
Lengkung refleks 213
Lensa mata 232
Lensa negatif 232
Lenti sel 44
Leukemia 113
Leukopeni 96
Leukoplas 13
Leukorea fisiologis 258
Leukosit 54, 96
Lidah 143, 145, 241
Lignifikasi 38
Limfosit 97, 108, 110, 265
Limpa 95, 146, 148
Lingkaran tahun 46
Lipase 147, 149
Lipoprotein 5, 148
Lisosom 8, 10, 13, 23
Lobus 167
Lordosis 84
Luteinizing Hormone/LH 253

M

Maag 153
Makrofag 97
Makronutrien 133
Maksila 71
Malaria 112
Maltase 149
Maltosa 134, 145
Mamalia 263
Mandibula 71
Masa pubertas 253, 255, 259
Masa reproduktif 256
Master of gland 223
Materi genetik 249
Materi genetik DNA 252
Matriks 6, 53, 66, 67
Medula oblongata 216
Medula spinalis 209, 215, 217
Meiosis 9, 259
Mekanisme hormonal 252
Melanin 239
Membran 8, 12, 23, 135, 262
Menarkhe 258
Meningitis 111, 215
Menyusui 267
Mesenkim 53, 67
Mesoderm 262, 263
Mesofil 49
Mesotelium 50
Metionin 134
Mielin 209
Mikrofilamen 10
Mikronutrien 133
Mikrosefalus 83
Mikroskop 9
Mikrotubulus 10
Mineral 54, 133, 136
Minyak eteris 10
Miofibril 79
Mioglobin 78
Miokardium 78, 102
Miopi 232
Miosin 10, 79
Misel 149
Mitokondria 8, 11, 174, 191
Mitosis 9, 260
Molar 144, 154
molekul 4
Molekul globulin 109
Moluska 177
Monokotil 38, 41, 43, 44, 46
Monosakarida 134, 149
Monosit 97
Morula 260
Multipel Sklerosis 221
Mulut 142, 143, 145

N

Nasal 71
Nasofaring 166
Natrium 191
Nefritis 196
Nefron 190, 196
Nervus abdusen 219
Nervus auditori 219
Nervus fasial 219
Nervus glosofaring 219
Nervus hipoglosal 219
Nervus okulomotor 219
Nervus olfaktori 219
Nervus optik 219
Nervus spinal 219
Neuron 56, 208, 211
Neuron prasinapsis 211
Neurotransmitter 211
Neutrofil 97
Nitrogen 134, 190
Nodus Ranvier 209
Noktah 5
Noradrenalin 211
Nukleolus 6
Nukleus 4, 6, 51, 94

O

Obliq bawah 230
Oksidasi 165
Oksigen 67, 78, 94, 95, 101, 103, 104, 106, 112, 113, 134, 135, 165, 171, 177, 178, 179, 180
Oksihemoglobin 95
Oksitoksin 266
Oksitosin 225
Omasum 154, 155
Oogenesis 255, 259, 260
Oogonia 266
Oogonium 255
Oosit 255

Oosit primer 259
Oosit sekunder 259
Operkulum 178
Opistonefros 198
Opsin 230
Organ 207, 249, 251
Organ-organ reproduksi 249, 264
Organel 8, 10, 13
Organel sel 4, 6, 10
Organisme 3, 4, 249
Organisme hidup 3
Organisme multiseluler 4
Organisme seluler 4
Organ ampula (kristal) 237
Organ ekskresi 238
Organ kelamin 257
Organ Korti 235, 236
Organ reproduksi 250, 254, 257, 259
Organ reproduksi dalam 254
Organ reproduksi luar 251
Organ reproduksi perempuan 254
Organ reproduksi pria 249, 250
Organ reproduksi wanita 254
Organ respirasi 263
Origo 80
Orkitis 269, 270
Orofaring 166
Osifikasi 67, 265
Osmometer 20
Osmoregulasi 189
Osmosis 20, 136
Osteoartritis 85
Osteoklas 69
Osteon 53
Osteoporosis 83
Osteosit 67
Otak 209, 215, 216, 223, 229, 237, 263
Otak belakang 264
Otak besar 216
Otak depan 264
Otak kecil 216
Otak tengah 216, 264
Otolith 237
Otonom 78
Otot 65, 77, 79, 80, 82, 85, 98, 102, 103, 136, 140, 145, 167, 262
Otot-otot 263
Otot diafragma 169
Otot jantung 55, 65, 78
Otot lurik 55, 65, 78, 81, 151
Otot mata 230
Otot merah 78
Otot obliq 230
Otot pilorus 147
Otot polos 57, 65, 77, 78, 104, 225, 252
Otot putih 78
Otot rangka 78, 85
Otot rektus 230
Otot spingter 151, 155
Otot sterno hioideus 179
Ovarium 223, 226, 249, 254, 255, 259, 266, 269
Oviduk 269
Ovulasi 256, 259, 260, 261
Ovum 249, 255, 259, 260

P

Palatum 71
Palisade 49
Pangkal akar 42
Pangkal tenggorokan 165
Pankreas 223, 226, 263
Papila 241
Parasimpatik 78
Parathormon 225
Paratiroid 223, 225
Parenkim 41
Parietal 71
Parkinson 221
Pars membranosa 251
Pars pra-prostatica 251
Pars prostatica 251
Pars spongiosa 251
Paru-Paru 193
Paru-paru 95, 103, 104, 106, 167, 170, 175, 177, 189, 190, 200, 264
Patah tulang terbuka 82
Patah tulang tertutup 82
Payudara 255
Pektin 5, 12
Peleburan sel kelamin 249
Pelvis renalis 190
Pembelahan inti sel 14
Pembelahan meiosis 253, 259
Pembelahan sel 12, 263
Pembentukan sel limfosit 109
Pembuahan 249
Pembuahan (fertilisasi) 256
Pembuahan (ovulasi) 255
Pembuluh 104
Pembuluh balik 93, 104, 106
Pembuluh darah 93, 96, 195, 238, 252, 260
Pembuluh kapiler 105
Pembuluh kil 149
Pembuluh limfa 107
Pembuluh Malpighi 198
Pembuluh nadi 93
Pemfokusan 231
Pencernaan 33, 133, 135, 142, 146, 152, 154
Pencernaan kimiawi 142
Pencernaan mekanik 142
Penghasil minyak 257
Penis 250, 251, 252, 253, 258, 270
Penyakit 112, 133
Penyakit defisiensi 138
Pepsin 147
Pepsinogen 147

Peptidase 149
Pepton 149
Peredaran darah 105, 112
Pergerakan sel 10
Periderm 40
Perikambium 43, 45
Perikardium 102
Perikondral 67
Perikondrium 53
Perineum 257, 258
Perisikel 43, 45
Peristaltik 145, 146, 151
Peritonitis 152
Permeabilitias 191
Pernapasan 168, 177
Pernapasan sel 211
Peroksisom 10
Persalinan 254, 266
Persatuan sel kelamin 249
Persendian 65, 66, 75, 76, 80, 82
Pertumbuhan 133, 138
Pertumbuhan primer 34
Pertumbuhan sekunder 34, 35, 36
Pertusis 111
Perusakan oleh asam 110
Petiolus 47
Piameter 215
Pigmen 10, 13, 94, 230
Pigmen antosian 12
Pigmen empedu 95
Pigmen ungu 230
Pilorus 146
Pinositosis 23
Pipa udara 264
Pit 5
Plasenta 257, 261, 266
Plasma 23, 174, 191
Plasma darah 54, 93, 98, 99, 193
Plasma protein 148
Plasmodesma 5
Plasmodium 112
Plastida 9, 12, 13
Pleura 167
Pleura parietalis 167
Pleura visceralis 167
Pleuritis 175
Pneumokokus 174
Pneumoni 174
Pneumonia 111, 174, 175
Polio 85, 222
Polip 108, 174
Polipeptida 95, 149
Polisakarida 110, 134, 155
Pons varolii 216
Pontensial membran 21
Porta hepatica 106
Posterior 223, 225
Postsinapsis 211
Preputium 258
Presbiopi 232
Presipitin 109
Progesteron 227, 255, 260, 261
Prokambium 45
Promeristem 34
Pronasi 82
Proses oogenesis 254
Prostaglandin 266
Prostat 251
Prostatitis 269, 270
Protein 4, 6, 13, 54, 55, 79, 93, 98, 133, 134, 135, 147, 148, 155, 189, 192, 254
Protein aktin 10
Protein hewani 134
Protein nabati 135
Proteoplas 9, 13
Proteosa 147
Protoplas 38
Protoplasma 3
Protozoa 155, 177
Protrombin 97
Provitamin 74
Psoriasis 198
Ptialin 145
Pubertas 253, 256
Puber labium mayor 258
Pucuk daun 12
Pulmo 165, 167, 193
Pulmo dekster 167
Pulmo sinister 167
Pupil 229

R

Rabun dekat 232
Radiasi 113
Radiolaria 16
Radix 41
Rahang bawah 265
Rahim 254, 256, 257, 263
Rahim (uterus) 256
Rakitis 83
Rambut akar 42
Rambut pubis 253
Rangka 65, 69, 82, 136, 262
Rangka anggota gerak 65
Rangka badan 65
Rangka kepala 65
Rangka sel 10
Reabsorpsi 83, 191
Regulasi 207
Rektum 256
Rektus eksternal 230
Rektus inferior 230
Rektus internal 230
Relaksasi 80, 81, 102
Relaksin 266
Rematoid 85
Renin 146, 147
Repoduksi Aseksual 249
Reproduksi 249
Reproduksi generatif 249
Reproduksi Seksual 249
Reproduktif 256

Reptilia 179
Reseptor 208, 228, 234
Resid 170
Resipien 98
Respirasi 6, 8, 65, 78, 174
Retikulum 154, 155
Retikulum endoplasma 6, 11
Retina 229, 230
Retinin 230
Rhesus 100
Ribosom 11
Ringworm 197
Rodopsin 230
Rongga hidung 165
Rongga rahim 257
Rongga sel 12
Rongga uterus 261
Rongga vestibulum 235
Ruang antarsel 45, 48, 49
Rubella 111
Rumah siput 235
Rumen 154, 155

S

Saccus abdominalis 180
Sakulus 235, 237
Sakus pneumatikus 180
Saliva 145
Saluran Havers 67
Saluran jantung 264
Saluran pencernaan 262, 269
Saluran pengeluaran 250, 251
Saluran telur 254, 255, 257
Saluran timpani 235, 236
Saluran vas deferens 268
Saluran vestibulum 235, 236
Saraf parasimpatik 220
Saraf sensorik 56
Saraf simpatik 195, 220
Sekresi 51, 147
Seksual sekunder 269
Sekum 155
Selaput inti 6, 10
Selaput lendir 257
Selulosa 5, 33, 155, 156
Sel basilus 230
Sel darah merah 54, 93, 94
Sel darah putih 54, 93, 96, 265
Sel kerucut (sel konus) 230
Sel Leydig 253
Sel oosit primer 260
Sel parenkim 12
Sentriol 10, 12
Serabut saraf 209, 210, 215, 217
Serum 94
Sfigmomanometer 103
Siklus glukosa 174
Siklus Krebs 8, 174
Simpul saraf 209
Sinapsis 210, 211
Sindrom Down 113
Sintesis 4
Sistem ekskresi 262
Sistem imun 110
Sistem organ 58
Sistem pengatur 207
Sistem peredaran darah 262
Sistem saraf 208, 221
Sitoplasma 3, 4, 6, 10, 11, 13, 33, 174, 208, 211
Sklereid 38
Skoliosis 84
Sperma 227, 249, 251, 252, 256
Spermatosit 254
Stele 43, 45, 46, 47
Stomata 44, 47, 48
Sukrosa 134, 149
Sumsum belakang 209
Sumsum tulang 74
Sumsum tulang belakang 213, 217, 222

T

Talamus 216
Talasemia 112
Tali pusat 263, 265
Tekak 143, 165, 166
Telur 255
Temporal 71
Tendon 66, 80, 85
Tenggorokan 166
Tengkorak 69, 72, 74
Tensimeter 103
Terminal akson 211
Tetanus 109, 111
Tiroid 223, 225
Tiroksin 225
Titik kaspari 42
Toksik 198
Tonsil 108
Toraks anterior 180
Toraks posterior 180
Trakea 38, 57, 66, 166, 167, 180, 264
Transfusi darah 93, 98
Transportasi 33, 101
Trombokinase 97
Trombosit 54, 97
Tubektomi 268
Tuberkulosis 175
Tudung akar 42
Tukak lambung 152
Tulang 65, 66, 69, 71, 80, 95, 113, 263
Tunas aksiler 46
Turgor 5, 12

U

Ubun-ubun 72
Udara 165, 166
Udara komplementer 170

Udara residu 170
Udara sisa 170
Udara suplementer 170
Udara tidal 170
Ujung-ujung saraf perasa 252
Ulut 145
Urat saraf 209, 218
Urea 135, 148, 190, 196
Uremia 197
Ureplasma urealyticum 270
Ureter 191, 192
Uretra 191, 250, 251, 252, 253, 270
Urinasi 251
Urine 140, 190, 191, 192, 200
Urobilinogen 190
Urogenital 200
Usus 56, 133, 142, 148, 156
Usus besar 150, 151
Usus dua belas jari 148, 149
Usus halus 135, 146, 148, 149
Usus primitif 262
Uterus 254, 260, 261, 266, 269
Utrikulus 235, 237

V

Vagina 256, 257, 258, 269
Vaksin 110
Vaksinasi BCG 110
Vaksin three in one 110
Vakuola 10, 12, 16
Vakuola kontraktil 10
Vakuola sentral 33
Valvula bicuspidalis 102
Valvula tricuspidalis 102
Varises 113
Vasektomi 268
Vasopresin 225
Vas deferens 250, 251
Vegetatif 249
Vena 104
Vena kava 104
Vena pulmonalis 104, 173
Vena sistemik 173
Ventrikel 80, 102, 104
Vertebrata 177, 190
Vesikel 23
Vesikula seminalis 250, 251
Vesikula sinapsis 211
Vestibulum 235, 237
Virus 85, 197, 269
Virus herpes 270
Virus parotitis 270
Vitamin 74, 83, 97, 133, 135, 138, 148, 150
Vitreous humor 230
Von Recklinghousen 225
Vulva 257

X

Xantofil 14
Xilem 38, 40, 43, 45, 49

Y

Yolk sac 262

Z

Zat besi 95, 112
Zat kapur 66, 136
Zat perekat 66, 67, 83
Zigomatik 71
Zigot 255, 260, 263

Indeks Pengarang

Hooke, Robert 3
Landsteiner, Karl 98, 100
Levine 100
Purkinje, Johannes 3
Schleiden 3
Schwann 3
Soedarmo, Poorwo 139
Soeharso, Prof Dr Raden 85

Daftar Pustaka

Campbell, N.A, Reece, J. B. dan Mitchell, L. G. 1999. *Biology*. Benyamin Cummings. Menlo Park.

Distefano, M. 2004. *Homework Helpers Biology*. Career Press. USA

Hutapea, A.M. 2005. *Keajaiban-keajaiban dalam Tubuh Manusi*a. Gramedia. Jakarta.

Mulyani, S. 2006. *Anatomi Tumbuhan*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.

Nugroho, L.H. dan Sumardi, I. 2002. *Biologi Dasar*. Penebar Swadaya. Depok

Raven, C.P. 2003. *Atlas Anatomi (terjemahan)*. Penerbit Djambatan. Jakarta.

Stansfield, W., Cano, R. J. dan Colomc, J. S. 2006. *Biologi Molekuler dan Sel*. Erlangga. Jakarta.

Villee, C.A., Walker, Warren F. dan Barnes, Robert D. 1988. *Zoologi Umum*. Penerbit Erlangga. Jakarta.

Walker, R. 2003. *Ensiklopedi Mini Tubuh Manusia (terjemahan)*. Erlangga. Jakarta.

Wibowo, D.S. 2005. *Anatomi Tubuh Manusia*. Grasindo. Jakarta.

Yahya, H. 2005. *Keajaiban pada Penciptaan Tumbuhan*. Dzikra. Bandung.

Yahya, H. 2005. *Manusia dan Alam Semesta*. Dzikra. Bandung.

Yahya, H. 2005. *Rahasia Kekebalan Tubuh*. Dzikra. Bandung.

http://www.documentation center for the Biology Prenatal Development DVD

Microsoft Encarta, 2005.

http://www.free.vlsm.org/Biologi.

http://www.harunyahya.com.

http://www.wikipedia.org

Diunduh dari BSE.Mahoni.com

Renni Diastuti



BIOLOGI

Untuk SMA/MA Kelas XI

ISBN 978-979-068-831-5 no jilid lengkap)
ISBN 978-979-068-838-4

Buku ini telah dinilai oleh Badan Standar Nsional Pendidikan (BSNP) dan telah dinyatakan layak sebagai buku teks pelajaran berdasarkan Peraturan Menteri Pendidikan Nsional Republik Indonesia Nomor 27 Tahun 2007 Tanggal 2007 Tentang Penetapan Buku Teks Pelajaran Yang Memenuhi Syarat Kelayakan Untuk Digunakan Dalam Proses Pembelajaran.

Harga Eceran Tertinggi (HET) Rp15.645,-

BIOLOGI

Untuk SMA/MA Kelas XI